

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**UTILIZAÇÃO DE UMA CÉLULA DE EMISSÃO FLEC PARA AVALIAÇÃO DA  
EMISSÃO ODORANTE ATRAVÉS DE UMA SUPERFÍCIE LÍQUIDA PASSIVA**

**Thamara Vieira da Rocha**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
MARÇO/2010**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**UTILIZAÇÃO DE UMA CÉLULA DE EMISSÃO FLEC PARA AVALIAÇÃO DA  
EMISSÃO ODORANTE ATRAVÉS DE UMA SUPERFÍCIE LÍQUIDA PASSIVA**

**Thamara Vieira da Rocha**

**Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para  
conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental.**

**Orientadores  
Professor Henrique de Melo Lisboa  
Professor Jean-Michel Guillot  
Co-orientadora  
Engenheira Isabel M. Moreira**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
MARÇO/2010**

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

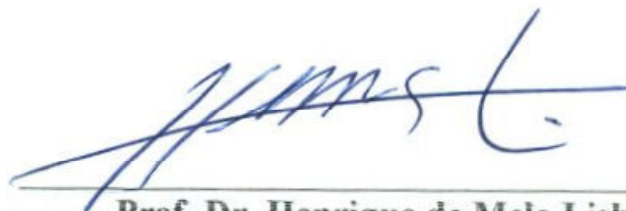
**UTILIZAÇÃO DE UMA CÉLULA DE EMISSÃO FLEC PARA AVALIAÇÃO DA  
EMISSÃO ODORANTE POR UMA SUPERFÍCIE LÍQUIDA PASSIVA**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão  
do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.**

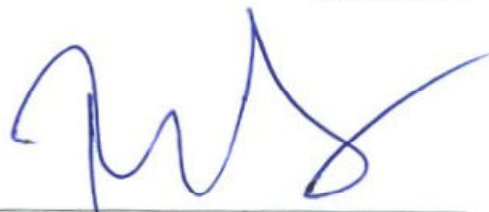
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa  
Coordenador do Curso

Dr. Armando Borges de Castilho Jr.  
Professor da Disciplina

**BANCA EXAMINADORA:**



**Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**  
Orientador



**Prof. Dr. Paulo Beli Filho**  
Membro da Banca



**Eng. Leonardo Hoinaski**  
Membro da Banca

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e a minha família pelo apoio incondicional e incentivo em meus estudos.

Ao Professor Henrique de Melo Lisboa pela confiança depositada ao me proporcionar a oportunidade de realizar este trabalho na École des Mines d'Alès, França, e pela orientação oferecida mesmo a distância, juntamente com a mestrandia Isabel M. Moreira, grande incentivadora.

Ao Professor Jean-Michel Guillot, da École des Mines d'Alès, por me receber e me orientar.

À Técnica Murielle Avezac, pela constante assistência durante a realização das manipulações em laboratório.

Aos colegas do Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel (LGEI), por se voluntariarem para fazer as análises olfatométricas e por proporcionarem momentos de integração e colaboração.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com esta etapa de realizações.

## RESUMO

A poluição atmosférica é um problema global que vem crescendo com o desenvolvimento das atividades humanas. Ela tem impacto na saúde humana ao causar, por exemplo, diversas doenças respiratórias e também contribuindo para a diminuição da qualidade do ar e para as alterações climáticas. Entre todos os tipos de poluição ambiental, os maus odores são geralmente freqüentes e difíceis de regular. Um cheiro desagradável é considerado como algo subjetivo, portanto, legalmente indefinível. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a emissão de odores utilizando-se de uma célula de emissão FLEC “*Field and Laboratory Emission Cell*”. Foram coletadas amostras dos odores e analisadas por métodos físico-químicos e por olfatometria no *Laboratoire Génie de L’Environnement Industriel* (LGEI), pertencente à *École des Mines d’Alès*, França. Após as análises, foi realizado o processamento dos resultados obtidos, bem como sua interpretação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição Atmosférica, Odores, Célula de emissão FLEC.

## **ABSTRACT**

Air pollution is a global problem that is growing with the development of human activities. It has an impact on human health by causing, for example, several respiratory diseases and also contributing to the decrease in air quality and climate change. Among all types of environmental pollution, the bad odors are usually frequent and difficult to regulate. An unpleasant smell is regarded as subjective, therefore, legally indefinable. This study aims to evaluate the emission of odors using a FLEC emission cell. Odors samples were collected and analyzed by physic-chemical methods and olfactometry in the Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel (LGEI), belonging to the École des Mines d'Alès, France. After analysis, processing of results was undertaken and interpreted.

**KEY WORDS:** Air Pollution, Odors, FLEC emission cell.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Odores</b>	<b>14</b>
3.1.1	<i>O sistema olfativo e seu funcionamento</i>	14
3.1.2	<i>Percepção dos odores</i>	17
3.1.3	<i>Compostos odorantes</i>	18
3.1.4	<i>Fontes odorantes</i>	19
3.1.5	<i>Classificação dos odores</i>	20
3.1.5.1	<i>Qualidade ou caráter</i>	20
3.1.5.2	<i>Detectabilidade e Concentração do odor</i>	20
3.1.5.3	<i>Hedonicidade</i>	21
3.1.5.4	<i>Intensidade</i>	21
3.1.6	<i>Odores e Saúde Humana</i>	23
<b>3.2</b>	<b>Dispersão atmosférica</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Tipos de fontes emissoras de poluentes atmosféricos</b>	<b>24</b>
3.3.1	<i>Emissões pontuais</i>	24
3.3.2	<i>Emissões fugitivas</i>	24
3.3.3	<i>Emissões evaporativas</i>	25
<b>3.4</b>	<b>Tipo de plumas emitidas</b>	<b>25</b>
3.4.1	<i>Não Passivas, sobre efeito cinético</i>	25
3.4.2	<i>Não Passivas, sobre efeito da gravidade</i>	25
3.4.3	<i>Passivas</i>	26
<b>3.5</b>	<b>Transferência de massa entre fases líquida e gasosa</b>	<b>26</b>
3.5.1	<i>Modelo de dois filmes estagnados</i>	27
3.5.2	<i>Modelo de renovação de superfície</i>	27
<b>3.6</b>	<b>Métodos de análise de odores</b>	<b>28</b>
3.6.1	<i>Avaliação do desconforto (ou incômodo)</i>	28
3.6.2	<i>Análise sensorial ou análise olfatométrica</i>	28
3.6.2.1	<i>Medidas olfatométricas</i>	29
3.6.2.2	<i>O Olfatômetro ODILE</i>	31
3.6.3	<i>Análise físico-química</i>	32
3.6.3.1	<i>As unidades analíticas</i>	33
3.6.4	<i>Análise com nariz eletrônico</i>	33
<b>3.7</b>	<b>Métodos para a quantificação da emissão de odores a partir de fontes superficiais passivas</b>	<b>34</b>
3.7.1	<i>Amostragem da fase gasosa</i>	34
3.7.2	<i>Determinação da concentração dos compostos odorantes (através de análises físico-químicas e/ou olfatométricas)</i>	38
3.7.3	<i>Cálculo da emissão de odor</i>	38
<b>3.8</b>	<b>Legislação de odores</b>	<b>39</b>
3.8.1	<i>Legislação mundial</i>	39
3.8.2	<i>Legislação brasileira</i>	40
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Local de estudo</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Molécula-modelo: Butirato de metila</b>	<b>43</b>

<b>4.3</b>	<b>Etapas</b>	<b>44</b>
4.3.1	<i>Etapa 1: Preparação da solução de estudo</i>	44
4.3.2	<i>Etapa 2 : Condicionamento do material</i>	45
4.3.3	<i>Etapa 3: Amostragem dos gases</i>	45
4.3.4	<i>Etapa 4: Análises</i>	46
<b>4.4</b>	<b>Dispositivo experimental</b>	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Parâmetros de análise</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>57</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sistema olfativo, principais componentes. _____	15
Figura 2. O sistema olfativo. _____	15
Figura 3. A curva de Stevens. _____	22
Figura 4. (1) Computador (centro de operações) (2) Vaso de pressurização (3) Central de diluições (4) Entrada do sistema de ar comprimido (5) Posto de percepção para os jurados. _____	32
Figura 5. Esquema da coleta de ar de uma superfície líquida. _____	36
Figura 6. FLEC: Field and Laboratory Emission Cell. _____	37
Figura 7. Princípio de funcionamento de uma célula de emissão FLEC. _____	37
Figura 9. Cidade de Alès, França. _____	42
Figura 10. LGEL, localizado no Centro de Pesquisa da École des Mines d'Alès (EMA). _____	42
Figura 11. Principais materiais utilizados no trabalho. _____	44
Figura 12. Aparelhos utilizados no preparo da solução. _____	45
Figura 13. Conexão entre a FLEC e o cromatógrafo. _____	45
Figura 14. Cromatógrafo gasoso. _____	46
Figura 15. Amostra odorante contida no saco Tedlar® sendo inserida no vaso de pressurização. _____	47
Figura 16. Painel com três tubos para inalação por onde a amostra é enviada a cada jurado. _____	47
Figura 17. Dispositivo experimental: (1) Medidor de vazão regulador, (2) banho termostático, (3) recipiente com butirato de metila recoberto por uma FLEC, (4) recipiente com água, (5) saída de gás para análise. _____	48
Figura 18. Sistema eletrônico secundário acoplado ao medidor de vazão regulador. _____	48
Gráfico 1. Rampa de aquecimento para o forno do cromatógrafo utilizado. _____	50
Gráfico 2. Curva de calibração para o composto butirato de metila. _____	50
Gráfico 3. Concentração de butirato de metila emitido em função do tempo (temperatura do líquido é igual 20°C e a vazão do gás de arraste é 0,5l/min). _____	51
Gráfico 4. Concentração de butirato de metila emitido em função da vazão do gás de arraste. _____	53
Gráfico 5. Fator de emissão do composto em função da vazão do gás de arraste. _____	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores que devem ser considerados para a caracterização completa de um odor. _	20
Tabela 2. Métodos para a avaliação do desconforto provocado por uma poluição olfativa. _	28
Tabela 3. Principais características da molécula modelo: butirato de metila. _____	43
Tabela 4. Parâmetros de análise para o cromatógrafo Hewlett Packard 5890 série II. _____	49
Tabela 5. Concentração de butirato de metila emitido em função do tempo (temperatura do líquido é igual 20°C e a vazão do gás de arraste é 0,5 l/min). _____	51
Tabela 6. Concentração de butirato de metila emitido e fator de emissão do composto ( $F_i$ ), em função da vazão do gás de arraste para temperatura do líquido igual a 20° C. Fator de correção da temperatura igual a 0,5220. _____	52
Tabela 7. Concentração de butirato de metila emitido (C) e fator de emissão do composto ( $F_i$ ), em função da vazão do gás de arraste (Q) para temperatura do líquido igual a 25° C. Fator de correção da temperatura igual a 1. _____	52
Tabela 8. Concentração de odor do composto emitido em função da vazão do gás de arraste e da temperatura do líquido. _____	53
Tabela 9. Concentração de odor para vazão igual 0,5 l/min e temperatura de 20°C . _____	54
Tabela 10. Concentração de odor para vazão igual 2 l/min e temperatura de 25°C . _____	54
Tabela 11. Concentração de odor para vazão igual 2 l/min e temperatura de 20°C . _____	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
CEN	Comitê Europeu de Normalização
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	Butirato de metila
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COV	Composto Orgânico Volátil
EMA	École de Mines d'Alès
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
FID	Detector de ionização de chama
FLEC	Field and Laboratory Emission Cell
H <sub>2</sub> S	Sulfureto de Hidrogênio
LGEI	Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel
LPO	Limite de Percepção de Olfativa
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de sódio
NH <sub>3</sub>	Amônia
PPB(v)	Partes por bilhão por volume
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VME	Valores limites de média exposição

## 1 INTRODUÇÃO

Os processos industriais geram resíduos, sólidos e líquidos, ao mesmo tempo em que ocorre emitem gases à atmosfera. A poluição atmosférica tem impacto na saúde humana ao causar, por exemplo, diversas doenças respiratórias e também contribuindo para a diminuição da qualidade do ar e para as alterações climáticas. O grau deste impacto está diretamente ligado as medidas de controle e prevenção à poluição e também ao tratamento empregado aos efluentes industriais.

Entre todos os tipos de poluição ambiental, os maus odores são geralmente freqüentes e difíceis de regular. Um cheiro desagradável é considerado como algo subjetivo, portanto, difícil de legislar, apesar de existirem meios técnicos para sua avaliação. São poucos os países onde há legislação para esta forma de poluição.

Os odores são uma mistura de um grande número de moléculas voláteis, orgânicas ou minerais, tendo propriedades físico-químicas muito diferentes. Estes compostos trazem incômodos principalmente para as populações próximas a fonte emissora, e desta forma, diminuem a qualidade de vida das pessoas.

A medição ou o cálculo da emissão de odor é de extrema importância como dado para modelar a sua dispersão na atmosfera e assim estimar as zonas de impacto ao entorno da fonte poluidora. Ora, se em fontes poluidoras canalizadas como as chaminés de usinas, a obtenção da emissão de odor é de relativa facilidade, em fontes superficiais passivas a medição desta vazão é uma problemática devido ao caráter difuso da emissão.

Diferentes dispositivos para o estudo da emissão de odores por fontes superficiais foram e estão sendo desenvolvidos. O presente trabalho utilizará uma célula de emissão FLEC “*Field and Laboratory Emission Cell*” para avaliar a emissão de odores por fontes superficiais líquidas passivas. A FLEC foi escolhida por ser um equipamento utilizado no estudo em laboratório das emissões de compostos orgânicos voláteis a partir de superfícies (líquidas ou sólidas) e, por se tratar de uma micro-câmara de fluxo, a quantidade de composto necessária para a realização dos experimentos é satisfatoriamente reduzida.

O presente trabalho dá continuidade ao trabalho realizado por Richard (2008) com título “Estudo da emissão de odor por fontes superficiais passivas”, onde também foi empregada uma célula de emissão FLEC.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a emissão odorante em uma superfície líquida passiva a partir de uma célula de emissão FLEC no *Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel* (LGEI) da *École des Mines d'Alès*, França.

### **2.2 Objetivos específicos**

O trabalho pretende atingir os seguintes objetivos específicos utilizando-se da célula de emissão FLEC:

- ✓ Coletar amostras do efluente gasoso.
- ✓ Avaliar a estabilidade da concentração do composto de estudo (butirato de metila) em função do tempo;
- ✓ Analisar a concentração do composto estudado e a taxa de emissão do composto em função do aumento da vazão do gás de arraste para uma mesma temperatura do líquido.
- ✓ Analisar a concentração do composto estudado e o fator de emissão do composto em função do aumento da vazão do gás de arraste para diferentes temperaturas do líquido.
- ✓ Analisar a concentração de odor do composto emitido em função da vazão do ar de arraste e da temperatura do líquido.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*“O homem tem os cinco sentidos como ponte fundamental para sua percepção no mundo. Mesmo que este mundo seja aparentemente igual aos nossos olhos, vivemos realidades bem diferentes, pelo modo como cada um percebe e interpreta este mundo”* (TRISKA, 2003).

Neste capítulo é apresentada uma introdução geral sobre a dispersão atmosférica, o sistema olfativo, os odores (características e análise) e os métodos de análise de emissão de odores por fontes superficiais passivas. Além desses itens, a legislação sobre emissão de odores é também apresentada.

#### 3.1 Odores

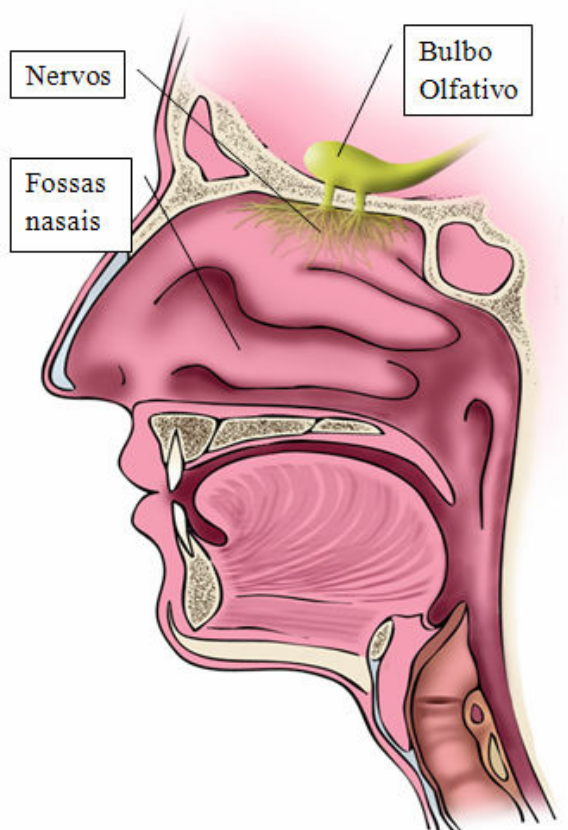
*“O odor é uma mistura de um grande número de moléculas orgânicas ou minerais voláteis”* (LE CLOIREC *et al.*, 1991, apud DE MELO LISBOA, 1996, p.60).

O odor pode ainda ser definido como: *“uma mistura complexa de compostos químicos a concentrações muito fracas, que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo nariz humano”* (TEETAERT, 1999 apud CARMO Jr., 2005, p.25).

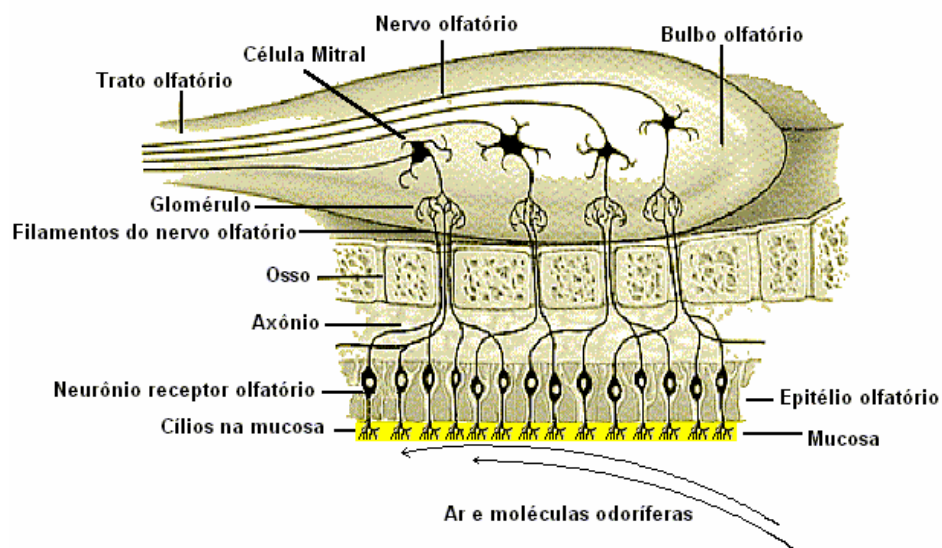
##### 3.1.1 O sistema olfativo e seu funcionamento

- O sistema olfativo (principais componentes):

A Figura 1 apresenta os principais componentes do sistema olfativo e a Figura 2 apresenta o bulbo olfativo e as células responsáveis pela transmissão das informações olfativas até o cérebro.



**Figura 1. Sistema olfativo, principais componentes.**  
(Fonte: [html.rincondelvago.com/0005793618.jpg](http://html.rincondelvago.com/0005793618.jpg))



**Figura 2. O sistema olfativo.**  
(Fonte: VILELA, 2009)

AS MUCOSAS: Recobrimdo cada narina encontra-se uma região denominada mucosa nasal. A mucosa que cobre a parte inferior é chamada de mucosa vermelha e a mucosa que

reveste a parte superior das fossas nasais é chamada mucosa olfativa ou amarela (VILELA, 2009).

A mucosa vermelha possui esta denominação por ser rica em vasos sanguíneos, e por conter glândulas que secretam muco, o qual realiza a umidificação da cavidade nasal. Se os capilares dilatam e o muco é secretado, a cavidade nasal fica obstruída sendo este o principal sintoma do resfriado (VILELA, 2009).

A mucosa amarela por sua vez, contém o epitélio sensorial - ou o epitélio olfativo – cujas células (células olfativas) são responsáveis por detectar os odores (VILELA, 2009).

**AS CÉLULAS OLFATIVAS:** O epitélio olfativo é formado de células sensoriais, as células olfativas. A célula olfativa ou célula de Schurze é um neurônio bipolar, fusiforme, cuja situação periférica é exclusividade dessa parte do organismo (VILELA, 2009).

Estas células apresentam dois prolongamentos: o distal e o proximal. O prolongamento distal, na espessura do epitélio, aflora à superfície entre as células de sustentação e termina por um alargamento hemisférico chamado vesícula olfatória. Essa vesícula é coberta de cílios rígidos, curtos, e envolvidos pelo muco olfatório que banha em grande quantidade este epitélio. O número de cílios varia em cada espécie animal, no homem, são de aproximadamente, 1000 por célula. Ao contrário dos cílios da mucosa nasal respiratória, os cílios da mucosa olfativa são imóveis. Pela existência desses cílios, a área do receptor olfatório aumenta consideravelmente sendo multiplicada por 100, ocupando, portanto 300 centímetros quadrados (FERREIRA e ACAR, 1975).

O prolongamento proximal (axônio) da célula termina numa arborização sináptica dentro de um glomérulo do bulbo olfatório, onde ele se relaciona com os dendritos do segundo neurônio. No homem há mais ou menos 200 milhões de receptores olfatórios e outros tantos de fibras olfatórias (FERREIRA e ACAR, 1975).

**O NERVO OLFATIVO:** Está formado pela reunião dos prolongamentos proximais das células olfativas (VILELA, 2009).

**O RINENCÉFALO:** Denomina-se rinencéfalo as porções de cada hemisfério cerebral relacionadas com a recepção, condução e integração das sensações olfatórias. É a parte do córtex cerebral cronologicamente mais antiga na evolução do cérebro nas espécies animais (CLIMEPSI, 2009).

O rinencéfalo não é uma estrutura anatômica delimitada, é um conjunto de formações responsáveis pela discriminação e percepção consciente dos odores. Além da sua função olfativa no homem, o rinencéfalo tem uma função no controle da vida vegetativa (CLIMEPSI, 2009).



O BULBO OLFATÓRIO: É um dos componentes do rinencéfalo, tem a forma ovóide e repousa logo abaixo da parte frontal do cérebro. Na superfície do bulbo existem de 20 a 25 mil glomérulos que traduzem a sinapse entre o prolongamento proximal das células olfativas e o prolongamento protoplasmático dos primeiros neurônios centrais. Esses neurônios compreendem as células mitrais, mais numerosas e importantes, as células em penacho e as granulares, muito abundantes na camada molecular e na granulosa interna, onde constituem curtos neurônios de associação (FERREIRA e ACAR, 1975).

- Funcionamento do sistema olfativo:

Os produtos odoríferos que se desprendem das diversas substâncias (no estado gasoso ou em forma de partículas sólidas), ao serem inspirados, entram nas fossas nasais e se dissolvem no muco que impregna a mucosa amarela (visto que só é possível perceber sensações olfativas em estado líquido), atingindo os cílios do prolongamento distal das células olfativas (VILELA, 2009).

Os axônios das células olfativas, neurônios sensoriais primários, fazem sinapse no bulbo olfatório, principalmente com os dendritos das células mitrais (neurônios de 2ª ordem) formando glomérulos olfatórios. Ocorre extensa convergência nessas sinapses (NISHIDA, 2007).

Os pulsos são transmitidos para o bulbo olfatório para examinar as informações olfativas, a primeira região do sistema nervoso central com tal função. Mesmo com a morte e a reatividade do bulbo olfatório constantemente, ele mantém a mesma organização sensorial. O bulbo olfativo efetua o tratamento e a codificação da informação, e a retransmissão se faz até partes do cérebro (como o rincéfalo) que fazem o reconhecimento (OLFAC, 2004).

A anatomia do sistema olfativo é relativamente bem conhecida, mas não se pode dizer o mesmo do mecanismo fisiológico que gera a percepção de um odor. Um fenômeno bioquímico ocorre entre moléculas específicas e receptores específicos do sistema olfativo. Numerosas teorias tentam ligar a estrutura molecular e as propriedades físico-químicas de uma substância, com a sensação que provoca, mas não apresentam inteira satisfação (CARMO Jr., 2005).

### *3.1.2 Percepção dos odores*

A sensação olfativa que um odor provoca é única e depende de cada indivíduo mesmo que a resposta seja equivalente para uma população homogênea, sua avaliação,

portanto, é subjetiva. O caráter odorante sozinho pode ser bem diferente de sua ação em uma mistura (DE MELO LISBOA, 1996).

Alguns fatores podem influenciar na sensibilidade a recepção fisiológica para diferentes odores. Segundo Gostelow *et al.* (2001 apud SÁ, 2004, p.33), observa-se um declínio da sensibilidade com a idade, em fumantes, em pessoas que não possuem boa saúde e desleixadas com a higiene bucal. Verificam-se também diferenças na percepção de odores relacionadas ao sexo das pessoas, porém os autores reportaram que essas diferenças não são estaticamente significativas.

A frequência de exposição ao odor também influencia a sensibilidade a sua recepção (SÁ, 2004). Exposições altamente prolongadas acarretam no que é chamado adaptação ou fadiga olfativa, fenômeno que segundo De Melo Lisboa (1996), corresponde ao desaparecimento progressivo da sensação, ainda que o estímulo permaneça presente. As exposições intermitentes, no entanto tem efeito contrário, causam elevação na sensibilidade. Isso se deve provavelmente a familiaridade adquirida com o odor em particular, e o conseqüente aumento na habilidade de identificá-lo (GOSTELOW *et al.* 2001 apud SÁ, 2004, p.33).

Uma mistura de odores pode também ser mascarada por um odor, ou ainda dois odores podem se anular. Se uma mistura é pouco odorante, um odor pode ressaltar outro pouco perceptível quando este está sozinho (sinergia). Quando o efeito da diluição é provocado pelo ar puro, os odores ocultos a forte concentração podem aparecer (DE MELO LISBOA, 1996).

### 3.1.3 Compostos odorantes

Três elementos básicos devem ser considerados para que uma substância seja de natureza odorífera (TRISKA, 2003):

- A Volatilidade: implica na facilidade da substância de se evaporar a temperatura e pressão atmosférica normais, de maneira que essa possa ser carregada pelo ar, dentro das narinas.
- A Hidrossolubilidade: porque as moléculas precisam passar através do muco que reveste a superfície interior da cavidade nasal e alcançar as células olfatórias.
- A Lipossolubilidade: interfere pelo fato das células olfatórias serem compostas primariamente de lipídeos e a superfície da membrana celular olfatória conter também lipídeos.

Os compostos odoríferos podem ser encontrados principalmente nas seguintes três classes (POPESCU *et al.*; 1998):

- **Compostos Nitrogenados:**

- Aminas alifáticas – 1,1 diamino butano (putrescina) e 1,5 diamino pentano (cadaverina), encontradas durante a decomposição de carcaças de animais,
- Trimetilamina, produzida pelo apodrecimento dos peixes,
- Escatol, encontrado em fezes humanas, produtos de degradação microbiana de proteínas,

- **Compostos de enxofre:**

- Mercaptanas alifáticas – etil mercaptana, alil mercaptana, crotil mercaptana,
- Compostos aromáticos – tiofenol,
- Sulfetos – dimetil sulfeto, difenil-sulfeto, produzidos pela decomposição de proteínas,

- **Compostos oxigenados**

- Ácidos - ácido butílico, ácido valérico, produtos encontrados no suor humano,
- Aldeídos, cetonas e ésteres – acroleína, acrilato de etila, etc.

#### 3.1.4 Fontes odorantes

As emissões odorantes são quase sempre resultantes de reações químicas ou bioquímicas. Estas reações são de três tipos (BOUSCAREN, 1984, apud CARMO Jr., 2005, p. 29):

- Decomposição térmica de compostos orgânicos (encontrado nas indústrias ligadas à energia, mas também as de fundição, as indústrias de papel, etc.);
- Decomposição anaeróbia de materiais orgânicos (fabricação de alimentos, de champignons, estações de depurações);
- Decomposição anaeróbica de produtos de origem animal (fábrica de farinha de peixes, de gelatina, etc.);
- Dejetos de animais (encontrados principalmente nas criações intensivas ou dejetos de aves e suínos, etc.).

A variedade de compostos odorantes indica que as fontes de produtos odoríferos são muitas e variadas. As fontes naturais de odores são: a decomposição de matéria orgânica em água estagnada, a queima de resíduos agrícolas à céu aberto, o corpo humano, a cozinha, a agricultura tradicional (POPESCU *et al.*, 1998).

As fontes artificiais são muito mais importantes. Em função de sua origem, o odor pode ser classificado em duas categorias (POPESCU *et al.*, 1998):

- Originários da fermentação aeróbia ou anaeróbia de resíduos ou de substâncias minerais ou vegetais, etc.,
- Originários de fábricas (químicas, agro-alimentares, etc.).

### 3.1.5 Classificação dos odores

Para caracterização completa de um odor, quatro parâmetros independentes são exigidos: qualidade, detectabilidade, hedonicidade e intensidade (Tabela 1) (NUVOLARI *et al.*, 2003, apud CARMO Jr., 2005, p. 32).

**Tabela 1. Fatores que devem ser considerados para a caracterização completa de um odor.**

<b>Fator</b>	<b>Descrição</b>
Qualidade ou Caráter	Relaciona as associações mentais feitas pelas pessoas ao sentirem o odor; a determinação pode ser bastante subjetiva.
Detectabilidade e Concentração do odor	O número de diluições exigidas para se reduzir um odor ao mínimo que se pode detectar.
Hedonicidade	A relativa agradabilidade ou desagradabilidade do odor sentido pelas pessoas.
Intensidade	A força do odor; normalmente medida com um olfatômetro tendo como composto de referência o butanol por diluição até o limiar olfativo.

(Fonte: Carmo Jr., 2005.)

#### 3.1.5.1 Qualidade ou caráter

O odor é avaliado segundo sua qualidade ou “caráter do odor” nas categorias: perfumado, ácido, queimado, frutífero, ranço, pútrido, etc. (POPESCU *et al.*, 1998). Esta avaliação está relacionada às associações mentais feitas pelas pessoas ao sentirem o odor, o que pode ser bastante subjetivo.

#### 3.1.5.2 Detectabilidade e Concentração do odor

Obtida através de um olfatômetro, que calcula a média do número de diluições necessárias para alcançar o limite de percepção olfativa, que é a concentração de moléculas odorantes no ar na qual a probabilidade de percepção por um júri de pessoas é de 50%.

### 3.1.5.3 Hedonicidade

O valor hedônico é uma medida da agradabilidade do odor a ser julgado quanto à característica do odor de ser agradável ou desagradável (SCHIRMER, 2004).

Na medida em que as preferências e as aversões são adquiridas durante o passado dos indivíduos, é difícil estabelecer regras gerais sobre a agradabilidade ou a desagradabilidade de sensações odoríferas. As únicas regras gerais que se pode formular são as seguintes (POPESCU *et al.*, 1998):

- Todo o cheiro agradável se torna desagradável em concentrações elevadas;
- A hedonicidade de um odor depende em grande parte do seu contexto;
- As relações emocionais de um grupo com os odores não pode ser estendido a toda uma população, na medida em que esses odores são associados com hábitos e a uma cultura comum para eles;
- As aversões aos odores são mais persistentes do que as preferências;
- A tolerância aos odores desagradáveis difere consideravelmente segundo os indivíduos.

McGinley e McGinley (2002) apud Carmo Jr. (2005) apresentam uma escala arbitrária para a classificação dos odores pelo valor hedônico:

-5-----0-----+5

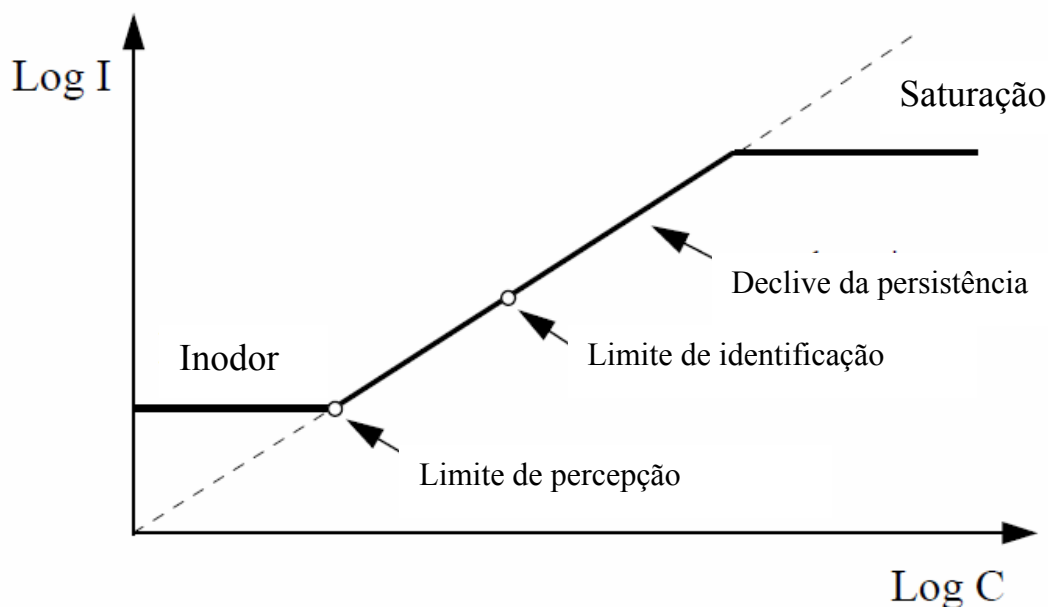
Um jurado usa sua experiência pessoal e memória de odor para avaliar o valor hedônico de um odor, referindo-se à escala. Durante o treinamento, assessores ficam atentos para sua referência e memória individual. O valor hedônico de um odor, testado em laboratório, é a média do valor hedônico individual assinalado por cada jurado (CARMO Jr., 2005).

### 3.1.5.4 Intensidade

A intensidade do odor está relacionada com a sua concentração (única dimensão do odor que pode ser medida analiticamente). Quando aplicada a medidas subjetivas, é representada usualmente por uma escala ordinal subjetiva variando entre 0 a 5, onde 0 representa odor não perceptível e 5 representa odor muito forte. Quando aplicada as medidas objetivas, a intensidade é determinada por comparação com uma amostra de odor padrão, geralmente o n-butanol (SÁ, 2004).

- A Curva de Stevens

Cada odor se caracteriza por uma curva de Stevens (Figura 3) relacionando a intensidade física à intensidade percebida ou psicológica (POPESCU *et al.*, 1998).



**Figura 3. A curva de Stevens.**  
(Fonte: De Melo Lisboa, 1996)

A intensidade do odor é percebida por um observador segundo a Lei de Stevens, podendo ser aplicada tanto para substâncias odorantes puras quanto para misturas odorantes, e também para as outras modalidades sensoriais (LEYRIS, 2000):

$$\text{Log } I = \alpha \log (C - C_s) + \text{cte}$$

Onde: I = intensidade detectada

C = concentração no ar inalado

C<sub>s</sub> = Concentração limite, ou seja, a concentração na qual o odor é detectável.

O coeficiente  $\alpha$  reflete a magnitude da intensidade odorante em função da concentração. Ele também ajuda a explicar a persistência da substância ou da mistura odorante estudadas. A persistência é a capacidade de uma substância ou de uma mistura de gases de permanecerem odorantes apesar de diluições. Se o valor de  $\alpha$  é baixo (em torno de 0,2), a diluição da mistura odorante tem pouco efeito sobre a percepção do olfato: o odor é considerado persistente. No caso oposto, onde o valor de  $\alpha$  é alto (perto de 0,8), o cheiro é considerado fugaz (LEYRIS, 2000).

A curva de Stevens apresenta um limiar para substâncias inodoras (intensidade zero), uma parte linear e um limiar para saturação. A parte linear da curva começa com uma concentração  $C_s$  chamada concentração no limite de percepção. É definido como a concentração na qual uma pessoa detecta odor com uma probabilidade de 0,5. Essa probabilidade é determinada mediante a apresentação de um grande número de vezes o mesmo odor a uma pessoa. O limite de identificação 100% é a concentração para a qual 100% das pessoas de um júri reconhecem o odor (LEYRIS, 2000).

### *3.1.6 Odores e Saúde Humana*

Os compostos odoríferos podem ser percebidos pelos seres humanos a níveis de concentrações muito baixos e particularmente abaixo dos valores de limite de percepção olfativa (LPO). No entanto, mesmo se os níveis de concentrações de poluentes odoríferos não induzem qualquer risco direto, o odor que eles produzem pode ter um impacto psicológico negativo quando estes são julgados excessivos (ADEME, 2009).

Colocando-se de lado os odores relacionados com o tráfego rodoviário, os cheiros parecem desencadear vários sintomas (irritação dos olhos e das mucosas respiratórias, problemas cardiovasculares, respiratórios, nervosos, etc.), atuando em diversos mecanismos fisiológicos: a exacerbação de condições médicas existentes (asma, bronquite, distúrbios psicossomáticos, por exemplo), a somatização devido ao estresse ambiental, a resposta do sistema imunológico a odores desagradáveis (GERIN, 2003, apud ORSPACA, 2005, p. 4).

A exposição a odores desagradáveis pode também induzir efeitos psicológicos: distúrbio de humor, diferentes reações emocionais, distúrbios do sono e alteração de vários tipos de desempenho intelectual, como a capacidade de aprendizagem (ORSPACA, 2005).

A definição de saúde inclui estado de bem-estar físico, mental e social, sendo o bem estar independente dos hábitos de vida, da biologia humana, do meio sócio cultural e do bem estar sobre o meio físico (meio ambiente) dentro do qual a pessoa vive. Por essa razão, do ponto de vista da saúde pública, os incômodos olfativos não podem estar dissociados do conceito de saúde (SILVA. 2002 apud CARMO Jr., 2005, p.31).

## **3.2 Dispersão atmosférica**

A dispersão de um poluente atmosférico depende essencialmente das características da fonte poluidora (energia cinética, direção e densidade do poluente, duração e condições da

emissão, etc.); das condições meteorológicas, como a velocidade do vento, a estabilidade da atmosfera e a temperatura ambiente; e, da conformação do relevo.

Duas emissões gasosas de uma mesma fonte, em momentos diferentes, mas sobre aparentemente as mesmas condições meteorológicas, resultarão em medidas diferentes de concentrações em pontos a jusante do escoamento. Essas diferenças são causadas pela natureza aleatória da turbulência atmosférica. Por esse motivo, é possível apenas obter dados que possam juntos representar uma média significativa, das concentrações medidas realizadas sob condições aparentemente iguais, ou, das médias temporais em intervalos de tempo superiores àqueles característicos dos vórtices turbulentos na atmosfera (SÁ, 2004).

O estudo da dispersão atmosférica de contaminantes pode ser realizado através de modelos físicos e/ou matemáticos. Os modelos físicos são obtidos através de técnicas experimentais realizadas em laboratórios (túneis de vento ou tanques de água) e em campo (SÁ, 2004).

### **3.3 Tipos de fontes emissoras de poluentes atmosféricos**

As fontes emissoras de gases a partir de processos industriais são caracterizadas como: emissões pontuais, emissões fugitivas e emissões evaporativas. Será dado maior destaque para as emissões evaporativas por ser o objeto de estudo.

#### *3.3.1 Emissões pontuais*

As emissões pontuais provêm de fontes estacionárias que liberam poluentes através de chaminés. São as chaminés de fornos e caldeiras, unidades de processo como “vents”, flares, colunas de destilação e absorção (LYRA, 2001, apud SCHIRMER, 2004, p.27).

#### *3.3.2 Emissões fugitivas*

As emissões fugitivas incluem perdas de vapores e gases oriundas de equipamentos como bombas, válvulas, flanges, conexões, etc. As emissões destes equipamentos podem representar uma parcela significativa das emissões totais de uma indústria, pois apesar de individualmente esses acessórios contribuírem pouco, o seu grande número pode fazer com que o total de emissões seja bastante representativo (LYRA, 2001, apud SCHIRMER, 2004, p.27).



### *3.3.3 Emissões evaporativas*

As emissões evaporativas são provenientes de áreas abertas para a atmosfera. Compõe este tipo de emissão as bacias de decantação, as lagoas de estabilização, os reatores abertos como as bacias de tratamento biológico de efluentes líquidos, os separadores de água e óleo, as redes de drenagem, os tanques, as ilhas de carregamento e as torres de refrigeração, entre outros (LYRA, 2001, apud SCHIRMER, 2004, p.27). Estas fontes de odores mesmo quando são pouco intensas podem representar grande incômodo por causa da superfície de troca (AREELIS, 2004).

## **3.4 Tipo de plumas emitidas**

Existem três principais tipos de plumas de emissão de poluentes do ar: não passivas, sobre efeito cinético; não passivas, sobre efeito da gravidade e; passivas (BONY-DANDRIEUX, 2009).

### *3.4.1 Não Passivas, sobre efeito cinético*

As plumas são mais leves que o ar, ora porque estas estão em uma temperatura mais elevada e menor densidade que o ar ambiente que os rodeia, ora porque estão com mesma temperatura do ar ambiente, mas têm um baixo peso molecular e, conseqüentemente, menor densidade do que o ar ambiente. Como exemplo desses tipos de plumas emitidas temos as emissões das chaminés dos gases de combustão de fornos industriais são flutuantes porque são consideravelmente mais quentes e menos densas que o ar ambiente. Como outro exemplo, uma pluma de emissão de gás metano em temperaturas do ar ambiente, uma vez que o metano tem um peso molecular menor do que o ar ambiente (BONY-DANDRIEUX, 2009).

### *3.4.2 Não Passivas, sobre efeito da gravidade*

As plumas são mais pesadas que o ar porque estas têm uma densidade mais elevada do que o ar ambiente circundante. Uma nuvem pode ter uma densidade maior do que o ar porque tem um peso molecular mais elevado do que o ar (por exemplo, uma pluma de dióxido de carbono). Uma pluma também pode ter uma densidade maior do que o ar, se a pluma está em uma temperatura muito inferior à do ar. Por exemplo, uma nuvem de gás metano evaporada a partir de uma liberação acidental de gás natural liquefeito (GNL) pode ser tão frio como 161°C (BONY-DANDRIEUX, 2009).

### 3.4.3 Passivas

As plumas são emitidas sem perturbar o fluxo do ar ambiente, são plumas de mesma densidade que o ar ambiente (BONY-DANDRIEUX, 2009).

## 3.5 Transferência de massa entre fases líquida e gasosa

Quando no interior de um líquido composto por pelo menos dois componentes, existe um gradiente de concentração e há uma tendência de cada componente se mover em uma direção que tende a reduzir esse gradiente de concentração. Este fenômeno é conhecido como: transferência de massa (MARTIN e LAFFORT, 1991).

Os gases ou vapores em solução aquosa podem ser emitidos para a atmosfera por mecanismos de difusão, convecção, ou ainda ambos. O processo difusivo ocorre quando as concentrações dos compostos na superfície do líquido são muito mais altas que concentrações do ar ambiente. Assim, eles difundem-se para o ar, na tentativa de alcançar o equilíbrio entre as fases líquidas e vapor. O processo convectivo ocorre quando fluxos de ar acima da superfície do líquido varrem vapores dos compostos da superfície para o ar (SCHIRMER, 2004). A magnitude de emissões de voláteis depende de fatores como as propriedades físicas dos contaminantes (pressão de vapor, as constantes da Lei de Henry, solubilidade em água, etc.), a temperatura do efluente (a taxa de transferência cresce com o aumento da temperatura), a concentração do poluente nas fases líquida e gasosa, a vazão do efluente e a configuração da superfície líquida (MIHELICIC *et al.*, 1993, apud SCHIRMER, 2004, p.31).

Para descrever o transporte de compostos da água para o ar ou vice versa, deve-se primeiro imaginar os mecanismos de transporte que governam a velocidade do movimento das moléculas ao longo de sua trajetória. Podem-se imaginar, para isso, duas camadas acima da interface ar-água e duas camadas abaixo em série (SCHIRMER, 2004):

1. Ar turbulento;
2. Ar laminar de 1 mm de espessura;
3. Água laminar na ordem de 0,1 mm de espessura;
4. Volume homogêneo de água abaixo da região de interface.

A interface entre as camadas 2 e 3 permite o contato entre as moléculas com o ar e a água. As regiões turbulentas (1 e 4) possuem fluidos em movimento por todo o seu volume, ou seja, são homogêneas quanto à concentração e não contribuem significativamente para as mudanças ar-água de um composto volátil. No entanto, entre as camadas 2 e 3 predomina a

difusão molecular. Para compensar a velocidade de transporte das moléculas entre o ar e a água no limite entre as duas fases, é estabelecido rapidamente o equilíbrio molecular na interface. A taxa de transferência entre estas duas camadas limites é controlada pela velocidade de passagem através dessas camadas (SCHWARZENBACH, *et al.*, 1993, SCHIRMER, 2004, p.32).

### *3.5.1 Modelo de dois filmes estagnados*

Segundo Leyris (2000), o modelo mais utilizado para descrever a transferência de matéria da fase líquida para a gasosa é o modelo de dois filmes estagnados, também chamado de teoria de Whitman. Essa teoria apóia-se sobre as seguintes hipóteses:

- Cada fase é suficientemente bem homogeneizada para que a composição em soluto seja uniforme;
- O volume das fases é suficientemente grande;
- A camada de água e de ar adjacentes estão estagnadas em sua interface;
- Os gradientes de concentração são constantes.

A formulação deste modelo baseado na teoria de limite estagnado visualiza condições onde a camada de água e de ar adjacentes estão estagnadas em sua interface, sendo chamado de modelo de dois filmes. Neste caso a taxa de movimento das moléculas através destes dois filmes em série é controlada pela habilidade de difusão do composto. As moléculas na solução aquosa e como vapor no ar estão em constante movimento devido ao movimento Browniano. Como resultado, ocorrerá um transporte líquido de regiões de alta concentração para sítios de menor concentração (SCHWARZENBACH, *et al.*, 1993, SCHIRMER, 2004, p.32).

### *3.5.2 Modelo de renovação de superfície*

Esta teoria não assume filmes estagnados, mas sim elementos de fluido que são momentaneamente expostos à fase gasosa na interface do líquido. Durante este tempo de exposição o gás difunde no elemento fluido, “penetrando” no líquido. Diferentemente da teoria dos dois filmes estagnados, o processo de penetração é descrito por uma difusão não estacionária. O tempo de exposição é muito curto ( $<0,1$  s) para prevalecerem as condições estacionárias de difusão. A teoria da penetração possui um maior embasamento teórico (SCHIRMER, 2004).

### 3.6 Métodos de análise de odores

Quatro categorias de análise podem ser utilizadas para avaliar a presença do odor: avaliação do desconforto (ou incômodo), análise sensorial (análise olfatométrica), análise físico-química e análise com nariz eletrônico (ADEME, 2005).

#### 3.6.1 Avaliação do desconforto (ou incômodo)

Três métodos podem ser empregados na avaliação do desconforto provocado pela poluição olfativa no local de impacto: a observação olfativa pela população ribeirinha, a realização de questionário junto à população ribeirinha e a análise de reclamações (Tabela 2) (ADEME, 2005).

**Tabela 2. Métodos para a avaliação do desconforto provocado por uma poluição olfativa.**

<b>Métodos</b>	<b>Princípio do método</b>	<b>Objetivo do método</b>
Observação olfativa pela população ribeirinha	Um grupo de moradores (formados ou não) fornece observações sobre o incômodo sentido, que são analisados e podem conduzir ao estabelecimento de um índice.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Acompanhar a evolução do incômodo ao longo do tempo;</li><li>- Estabelecer a cartografia do incômodo olfativo;</li><li>- Controlar a eficiência dos programas de redução de emissão de compostos odorantes.</li></ul>
Realização de questionário junto à população ribeirinha	Os investigadores coletam informações dos moradores sobre a sua percepção do meio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conhecer a percepção da população de um lugar;</li><li>- Conhecer a evolução da percepção da população (por exemplo, antes e depois do implantamento de um sistema de tratamento).</li></ul>
Análise de reclamações	As reclamações são coletadas (vigilância sanitária, prefeituras, escritórios de estudos, etc.) assim como os dados sobre o funcionamento da localidade afetada e a meteorologia. Estes dados são compilados.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Evitar uma situação de crise;</li><li>- Avaliar a importância de um problema de odor.</li></ul>

(Fonte: ADEME, 2005)

#### 3.6.2 Análise sensorial ou análise olfatométrica

Este método envolve o nariz dos observadores sob condições especiais. Com efeito, no estado atual de conhecimentos, somente o ser humano é capaz de dizer se uma mistura de

moléculas é odorante ou não. No entanto, a utilização do nariz do homem acarreta defeitos específicos para o uso de indicadores fisiológicos: a influência da pessoa, o fenômeno da fadiga, etc. (LEYRIS, 2000).

Esta análise utiliza um painel formado por vários indivíduos, onde os resultados encontrados são expressos por uma medida de tendência central dos resultados individuais. As técnicas de medidas sensoriais podem ser divididas em duas categorias (SÁ, 2004):

- Medidas subjetivas, nas quais o nariz é usado sem qualquer outro equipamento;
- Medidas objetivas, que incorporam o nariz junto com alguma forma de aparato de diluição. O aparato de diluição mais utilizado é o olfatômetro, um equipamento que promove diluições da amostra de odor com ar inodoro. Essas diluições podem ser estáticas (envolvem misturas de volumes fixados de odor e ar inodoro) ou dinâmicas (envolvem misturas de fluxos conhecidos).

Para a caracterização sensorial completa do odor são avaliados quatro fatores: qualidade, detectabilidade, hedonicidade e intensidade, já mencionados anteriormente.

### 3.6.2.1 Medidas olfatométricas

As medidas que as técnicas olfatométricas podem alcançar são:

- O fator de diluição no limite da percepção,
  - A variação da intensidade do odor em função da diluição ao nível supraliminar (acima do nível de percepção),
  - A eficiência de redução de odores.
- 
- Fator de diluição no limite da percepção ou concentração de odor

O fator de diluição no limite de percepção (concentração de odor) corresponde ao número de diluições necessárias para alcançar o limite de percepção odorante, é expresso em unidade de odor por metro cúbico ( $\text{UO} \cdot \text{m}^{-3}$ ), sendo a concentração de uma amostra inalada ao limite de percepção do odor, por definição, igual a  $1 \text{UO} \cdot \text{m}^{-3}$  (LE CLOIREC, 1999, apud CARMO Jr. 2005, p.35).

O valor de referência utilizado para padronização é  $1 \text{UO} = 1 \text{ EROM}$  (massa de referência européia de odor) = 123mg n-butanol. Quando 123mg n-butanol é evaporado em  $1 \text{ m}^3$  de gás neutro nas condições ( $20^\circ\text{C}$ ), para a olfatometria, a concentração é 0.040 mmol/mol (40ppb) (CARMO Jr., 2005).

O princípio da medição é o seguinte: o efluente odorífero é diluído pelo ar puro, de modo que as concentrações estejam perto do limite de percepção. Para cada diluição realizada no efluente, define-se a fração da população, representada pela equipe de olfatometria, que percebe o cheiro (POPESCU *et al.*, 1998). Pode-se assim definir, no mínimo, três diferentes valores limites envolvidos com a percepção do odor (CARMO Jr., 2005):

- Limite de percepção olfativa ( $K_{50}$ ): Concentração de odor numa amostra onde 50% do júri de pessoas é capaz de percebê-lo. Pode ser determinado para um composto puro ou para uma mistura de compostos.
- Limite de caracterização olfativa: É a concentração de odor onde 50% do júri de pessoas é capaz de reconhecer nominalmente um produto odorante.
- Limite de identificação olfativa: É a concentração na qual 100% do conjunto de indivíduos expostos identificam, nominalmente, o odor representativo do material odorante ou odorífero a que foram expostos.

A principal desvantagem deste método é de não dar informações sobre o caráter desagradável do nível de odor do efluente não diluído. Este método não é utilizado quando o nível de odorante é muito baixo, mas, a principal vantagem, concerne a obtenção de uma distribuição de valores numéricos facilmente interpretáveis (POPESCU *et al.*, 1998).

Este método tem ainda uma vantagem, segundo Leyris (2000), de dar acesso ao limite de percepção de odor e o inconveniente de não ser utilizável quando a vazão é variável (tempo de análise longo).

- A variação da intensidade do odor em função da diluição ao nível supraliminar

Este método consiste em um estudo comparativo da intensidade do efluente gasoso a ser analisado com as intensidades de uma escala padrão. Esta escala é formada usando concentrações conhecidas de compostos puros sabiamente escolhidos: o *n-butanol*, caracterizado por um limite de saturação elevado, permitindo a medida da verdadeira intensidade (LEYRIS, 2000).

Este método utiliza uma escala de referência, com concentrações diferentes e conhecidas de soluções em água ou diluídas em ar inodoro. O odor estudado será comparado, a uma certa diluição, para cada um dos valores da escala, até que os indivíduos relatem igualdade, em termos de intensidade, de duas sensações percebidas (POPESCU *et al.*, 1998).

As vantagens deste método são as seguintes (LEYRIS, 2000):

- Determinação normalizada do incômodo (quantitativa e qualitativa),
- Acesso à transformação da natureza do odor após o tratamento,
- Aplicável aos níveis de odores flutuantes.

Os inconvenientes são (LEYRIS, 2000):

- Submissão das mucosas nasais a concentrações elevadas,
  - Má reprodutibilidade dos resultados.
- A eficiência de redução de odores

A avaliação é realizada coletando-se amostras antes e depois do tratamento dos gases e analisando a eficiência de redução dos odores através do olfatômetro.

### 3.6.2.2 *O Olfatômetro ODILE*

O aparelho utilizado na olfatometria é o olfatômetro e o princípio geral da análise olfatométrica com este equipamento consiste em confinar o gás odorante em um recipiente, realizar uma diluição da amostra com um gás inodoro e dirigir a mistura diluída a um observador ou jurado (CARMO Jr., 2005).

ODILE é um olfatômetro a diluição dinâmica que permite analisar os odores através de um júri. Segundo Leyris (2000), ODILE permite determinar o limite de percepção olfativa (nível liminar) e/ou efetuar avaliações no limite supraliminar por comparação com o n-butanol. Segundo as opções, este olfatômetro também permite efetuar medidas de intensidade sobre uma escala relativa e por comparação com o butanol além de medidas de avaliação do caráter hedônico do odor (medida da agradabilidade do odor, agradável ou desagradável).

O olfatômetro ODILE é composto de diversas partes: unidade de diluição, posto de percepção para os jurados, sistema de purificação e compressão de ar e vaso de pressurização para a amostra de gás. O conjunto dos componentes do aparelho é controlado eletronicamente pelo sistema de informática de operação do olfatômetro (ODOTECH, 2009).

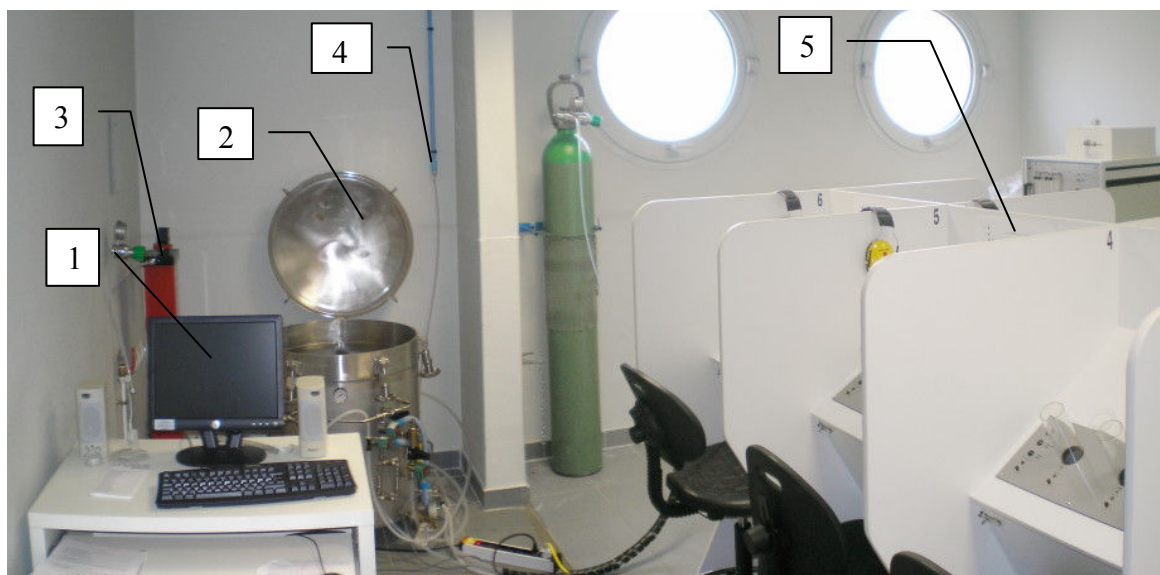
A unidade de diluição e o gerador de concentração de n-butanol são compostos de vários reguladores de vazão permitindo (ODOTECH, 2009):

- Obter uma de 1 a 2 000 000 diluições da amostra de gás;
- Fornecer amostras em branco com ar puro para repor a mucosa olfativa e avaliação do limiar de percepção;
- Ativar o sistema de auto-limpeza de todas as peças de tubulação e eletromecânica após cada dia de utilização do olfatômetro;

- Gerar um fluxo de ar com concentrações de 5 a 75 000 PPB(v) de n-butanol;
- Realizar uma purga entre exposições ao júri;
- Realizar uma purga para limpeza entre as análises olfatométricas.

ODILE é gerenciado por um software instalado em um computador. O software permite a apresentação automática das diluições ao júri, a análise contínua dos resultados e a otimização da seqüência das preparações das diluições da amostra gasosa (LEYRIS, 2000).

Com o ODILE, a mistura de gás é dirigida para seis postos, permitindo que a análise olfatométrica seja feita por seis pessoas simultaneamente. Cada posto contém três cones e um painel de voto para a comunicação entre o júri e o centro de operações (Figura 4).



**Figura 4. (1) Computador (centro de operações) (2) Vaso de pressurização (3) Central de diluições (4) Entrada do sistema de ar comprimido (5) Posto de percepção para os jurados.**  
(Fonte: Laboratoire Génie de L'Environnement Industriel (LGEI), pertencente à École des Mines d'Alès, França)

### 3.6.3 Análise físico-química

A utilização de métodos físico-químicos na análise de compostos odorantes permite a identificação da impressão digital do odor, ou seja, identificar os produtos químicos presentes na mistura gasosa (CARMO Jr., 2005).

Para analisar com precisão os compostos odorantes, identificando-os e quantificando-os, é necessário fazer análise de cada composto segundo suas características químicas e físicas. Devido a complexidade desta análise, uma vez que os poluentes contêm freqüentemente diversos compostos identificáveis, cada um com características diversas, é habitualmente necessário aplicar mais de um teste analítico (DE MELO LISBOA, 1996).



Assim, a cromatografia gasosa é frequentemente aplicada a odores (baseada na volatilidade dos compostos químicos), sendo muitas vezes seguida da espectrometria de massa, que faz a identificação e quantificação das espécies presentes (SÁ, 2004).

Os testes analíticos têm as vantagens de serem objetivos, de fácil repetição e acurados. Como desvantagens, apresentam limites inferiores de detecção acima da percepção olfativa do odor, e a dificuldade de relacionar as medidas analíticas da intensidade do odor como percebida pelo receptor humano (SÁ, 2004).

A análise sensorial e a analítica, devem ser aplicadas em uma abordagem global de uma fonte de odores, tanto para fins de identificação e quantificação, mas também para o estabelecimento de um tratamento contra odores incômodos. Com efeito, a análise físico-química permite uma determinação precisa do rendimento de uma instalação e, portanto, uma comparação possível das tecnologias de tratamento. A medida olfatométrica, entretanto, se situa em uma abordagem ambiental, isto é, uma determinação ou uma eliminação da poluição olfativa (POPESCU *et al.*, 1998).

#### *3.6.3.1 As unidades analíticas*

A parte por milhão em volume, ppmv, é frequentemente utilizada para expressar a quantidade. Ela corresponde a 1 cm<sup>3</sup> de poluente por m<sup>3</sup> de ar. O mg/m<sup>3</sup> por sua vez, é usado para expressar a concentração. A correspondência mg/m<sup>3</sup>-ppmv é feita para expressar o volume de gás correspondente à massa molecular (FINLAYSON-PITTS, 1986, apud DE MELO LISBOA, 1996, p. 71).

#### *3.6.4 Análise com nariz eletrônico*

Um nariz artificial consiste de um conjunto de sensores fracamente seletivo a um composto químico. Esses sensores estão conectados a uma unidade de tratamento informações, previamente implementada sobre um microprocessador, com o objetivo de reconhecer ou medir a concentração de um gás ou de um odor. O desempenho destes narizes eletrônicos é muito inferior às de um nariz humano, mas eles são incansáveis, é por esta razão que começou a ser usado no controle de qualidade, especialmente no sector agro-alimentar (NSSC, 2001).

O objetivo da análise com a utilização do nariz eletrônico é a vigilância das emissões de compostos odorantes. No entanto, este tipo de análise envolve um alto custo (ADEME, 2005).

### **3.7 Métodos para a quantificação da emissão de odores a partir de fontes superficiais passivas**

Para fontes superficiais passivas o cálculo da emissão de odor não é facilmente realizado uma vez que não se dispõe da vazão de ar emitido (LEYRIS, 2000).

De acordo com Sá (2004), esse valor pode ser determinado experimentalmente através de:

- Simulações em laboratórios – não muito utilizado devido às dificuldades em simular as condições reais;
- Métodos micro-meteorológicos – consiste na estimativa da taxa de emissão de odor através da medida de intensidade de odor em diferentes distâncias à jusante da fonte. Utiliza-se em seguida um modelo de dispersão atmosférica, variando a taxa de emissão e outros parâmetros até ajustar o decaimento do odor àquele observado;
- Métodos de amostragem direta da fase gasosa – envolve a determinação da concentração da espécie química volátil confinada sobre uma cobertura especial (coifa) na qual a aerodinâmica e a vazão de ar injetado são controladas. A taxa de emissão é então expressa como o produto dessa concentração pela vazão do ar de arraste.

Os métodos de amostragem direta baseiam-se (SÁ, 2004):

- Amostragem da fase gasosa;
- Determinação da concentração dos compostos odorantes (através de análises físico-químicas e/ou olfatométricas);
- Cálculo da emissão de odor.

#### **3.7.1 Amostragem da fase gasosa**

As fontes superficiais possuem superfícies líquidas, semi-líquidas, sólidas, tais como lagoas ou bacias de decantação. As emissões destas fontes são evaporativas em oposição às canalizadas de lançamento de chaminés ou biofiltros. A amostragem é uma fase particularmente delicada no caso de fontes superficiais na medida em que a emissão não é canalizada (pontual) (LEYRIS, 2000).

No caso das fontes superficiais, a amostragem é muito mais difícil, pois não há ar insuflado, como no caso de uma fonte canalizada, a exemplo de uma chaminé de fábrica. A

utilização de um método semelhante ao utilizado por fontes canalizadas iria enfrentar o problema da representatividade real da amostragem realizada para as fontes de superfície porque o fluxo odorante emitido a partir destas fontes é difícil de determinar, e depende de muitos fatores (vento, temperatura, etc.). Métodos foram desenvolvidos, portanto, para a amostragem específica de fontes superficiais passivas (LEYRIS, 2000).

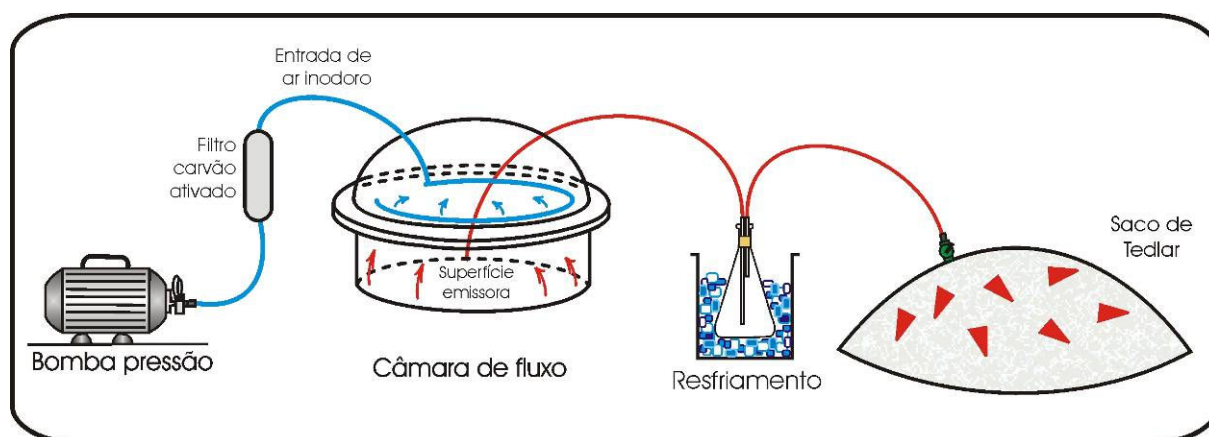
O método da amostragem direta inclui a coleta dos compostos diretamente na fonte para posterior análise. Tanto a amostragem como a concentração destes compostos requer um conhecimento profundo das características da fonte avaliada. Isto porque a seleção de um aparato inadequado para a coleta pode ser causa de erros relevantes nos resultados da análise (STUETZ, 2001, apud SCHIRMER, 2004).

Os sistemas de amostragem direta são divididos em dois grupos, técnicas estáticas e dinâmicas, de acordo com o tipo de cobertura (coifa) e o meio pelo qual o ar é suprido. A câmara de fluxo é o equipamento utilizado neste tipo de amostragem (SÁ, 2004).

No caso de uma câmara de fluxo operando de modo dinâmico, como no caso de uma célula de emissão FLEC, deve haver vazões de entrada e saída de ar no interior da câmara. Desta maneira, ocorre uma mistura entre os gases desprendidos da superfície líquida e o ar alimentado ao interior da câmara (gás de arraste). No caso de amostragem sob regime estático, não há entrada de gás de arraste no interior da câmara e o movimento natural do ambiente, por si só, provoca o particionamento dos compostos do meio líquido para o gasoso (SCHIRMER, 2004).

O ar insuflado na câmara de fluxo dinâmica deve ser desprovido de compostos orgânicos. Deve-se usar um regulador de vazão na entrada e saída da câmara, ajustável para a faixa de 1 a 10 l/min. A câmara deve possuir um termômetro acoplado à câmara para a medição da temperatura no seu interior durante todo o período de amostragem (USEPA, 1986).

A amostragem do efluente gasoso emitido por uma superfície é representada esquematicamente através da Figura 5.



**Figura 5. Esquema da coleta de ar de uma superfície líquida.**  
(Fonte: FRENCHEN *et al.*, 2003).

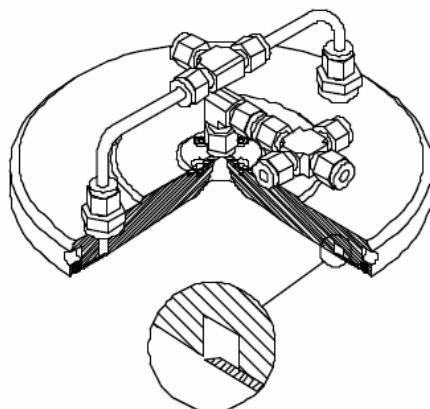
O método estático baseia-se na saturação de um volume de ar fechado em contato com o líquido. Abaixo da superfície coberta, a transferência de massa ocorre por difusão molecular até a obtenção do equilíbrio. Após este período de equilíbrio, a amostragem da mistura ar/compostos odorantes pode ser feita (LEYRIS, 2000).

O fator preponderante no método dinâmico por sua vez é a agitação do ar (transferência de massa convectiva) e não a difusão. O método dinâmico se aproxima, portanto de maneira mais precisa às condições ambientais de emissão. O método dinâmico se apóia na teoria da camada limite segundo a qual a relação entre a velocidade do ar e a emissão de odor seria exponencial (LEYRIS, 2000).

As câmaras coletoras dos compostos odorantes devem ser projetadas de tal forma a equilibrar as pressões externa e interna, de modo a não influenciar a partição água-ar dos compostos (SCHIRMER, 2004).

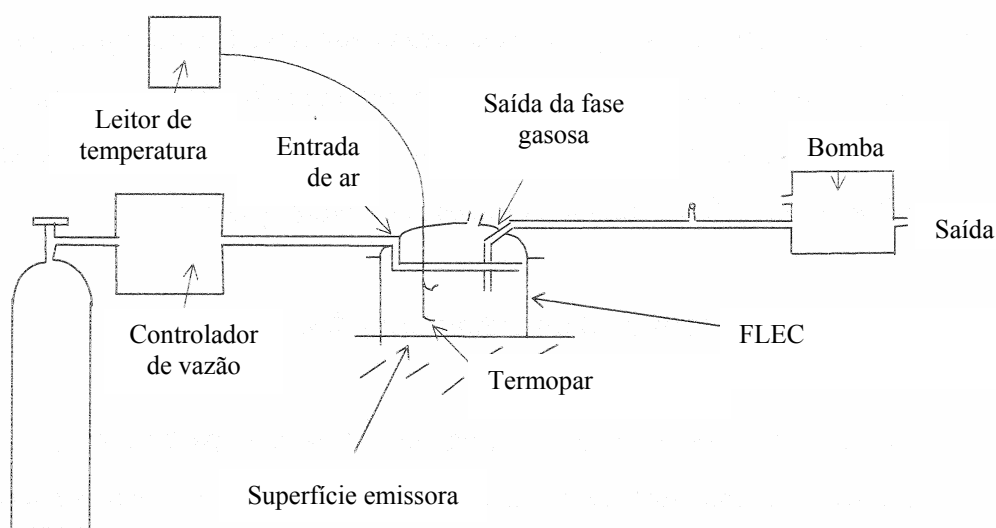
- **Célula de emissão FLEC**

A FLEC, utilizada no presente trabalho, é uma micro-câmara de fluxo dinâmico projetada para promover velocidades de ar similares por toda a sua superfície (Figura 6). O sistema é composto por material não emissivo, aço inoxidável, e otimizado a fim de atender às mais rigorosas exigências em termos de vedação inimizando a adsorção de compostos voláteis nas paredes (HENNEUSE-BOXUS, 2009).



**Figura 6. FLEC: Field and Laboratory Emission Cell.**  
(Fonte: Henneuse-Boxus, 2009)

O ar que circula na célula é primeiramente filtrado e homogeneizado por meios mecânicos, enquanto a umidade relativa, a temperatura e a velocidade do ar são definidas e controladas (Figura 7). O ar é introduzido em duas entradas diagonais posicionadas no perímetro da célula e levado a um canal ao longo do perímetro, a partir de onde o ar é distribuído sobre a superfície de teste. A célula permite um fluxo eficiente de ar sobre a superfície, à exceção de uma pequena área no centro onde o ar sai. Durante o funcionamento, a temperatura, umidade e a área específica de fluxo de ar permanecem constantes. Os compostos emitidos são transportados pelo ar que circula para serem finalmente recolhidas amostras para análise posterior (análise físico-química e análise do odor).



**Figura 7. Princípio de funcionamento de uma célula de emissão FLEC.**

Para ensaios de emissões a partir de câmaras de fluxo não há tamanho ou forma preferencial desde que a superfície seja inteiramente coberta pela câmara que determina o

equilíbrio da concentração. No entanto, deve ser lembrado que as câmaras maiores requerem maiores quantidades do composto de estudo. Uma micro-câmara pode cobrir volumes inferiores a 5 m<sup>3</sup> (IAP, 1999).

A FLEC oferece uma alternativa barata e de fácil manipulação comparada às câmaras convencionais de escala maior. Ela é amplamente utilizada no desenvolvimento de produtos, controle de qualidade, monitoramento ambiental de poluição de ambientes internos e em laboratórios (MARKES, 2010).

### *3.7.2 Determinação da concentração dos compostos odorantes (através de análises físico-químicas e/ou olfatométricas)*

A determinação da concentração dos compostos odorantes através de análises de olfatométricas e físico-químicas foram apresentadas nos itens 3.6.2 e 3.6.3 respectivamente.

### *3.7.3 Cálculo da emissão de odor*

Para fontes superficiais passivas, o cálculo da vazão de odor não é facilmente realizado uma vez que não se dispõe de um fluxo de ar expelido (LEYRIS, 2000). Para medir esta vazão, parte da área superficial é coberta por uma câmara de fluxo sendo possível assim determinar a taxa de emissão específica (emissão odorante por unidade de área). Esta emissão pode ser adotada para toda a área a ser analisada.

- Utilização da câmara de fluxo estática

O fluxo superficial de um composto “i” é definido na equação abaixo que, segundo Kinbush (1986, apud SCHIRMER, 2004, p.33), é indicada pela USEPA nos casos onde a estimativa se der através de câmara de fluxo dinâmico. A emissão pode ser então calculada por:

$$F_i = C_i \times Q_{ar}/S$$

Onde:  $F_i$  = fator de emissão do componente  $i$  (mg.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>)

$C_i$  = concentração do componente  $i$  presente no ar oriundo da câmara (mg.L<sup>-1</sup>)

$Q_{ar}$  = vazão do ar puro que alimenta a câmara (L/min)

$S$  = Área superficial da câmara (m<sup>2</sup>)

- Utilização da câmara de fluxo dinâmica

A câmara de fluxo dinâmica funciona como um reator de mistura perfeita assegurando assim que a concentração da mistura gasosa na saída da câmara é a mesma que dentro desta. O fluxo superficial de um composto “i”, utilizando esta câmara (incluindo a célula de emissão FLEC), é definido na Equação abaixo (USEPA, 1986; FRENCHEN *et al.*, 2003).

$$F_i = [i] \times C \times Q_{ar}/S$$

Onde:  $F_i$ : fluxo do composto, em U.O./m<sup>2</sup>s

$[i]$ : concentração do composto i, em U.O./m<sup>3</sup>

$Q_{ar}$ : vazão de ar puro que alimenta a câmara, em m<sup>3</sup>/s

$S$ : área da superfície coberta pela câmara de fluxo, em m<sup>2</sup>

$C$ : Fator de correção da temperatura

Deve ser feita uma correção para a temperatura dentro da câmara, pois variações na temperatura influenciam a taxa de emissão das superfícies, usando a equação a seguir (USEPA, 1986):

$$C = \exp[0,13 \times (T_a - T_c)]$$

Onde:  $C$ : Fator de correção

$T_a$ : Temperatura atmosférica média durante a amostragem

$T_c$ : Temperatura média dentro da câmara

Estes cálculos devem ser realizados para cada zona de medição e, depois, os fatores de emissão de cada zona devem ser somados para gerar o fator de emissão total da área em estudo.

### 3.8 Legislação de odores

#### 3.8.1 Legislação mundial

Nas últimas décadas o crescimento da preocupação com o meio ambiente foi acompanhado com a criação de legislações ambientais, a partir da década de 70. A questão da emissão de odores, no entanto, ainda é pouco discutida e regulamentada pelos governos dos países.

Os países europeus, Austrália e os Estados Unidos estão dentre os países que começaram a desenvolver regulamentação para o odor. Essas regulamentações criaram a necessidade de padronização dos métodos de medidas. Alguns exemplos desses padrões incluem: US – ASTM D-1391 (1978) e ASTM E679-04 (2004), Alemanha – VDI 3881

(1980), França – AFNOR – X- 43-101 (1986), Países Baixos – NVN2820 (1996) (MCGINLEY, 1998).

Na década de 90, o comitê europeu de normalização (CEN) formou uma comissão técnica (TC264) que desenvolveu um teste padrão para o odor, o qual foi liberado no final de 2001, intitulado EN 13725: “Qualidade do ar - Determinação da concentração do odor pela dinâmica olfatométrica”. Este padrão unificaria uma norma olfatométrica em 18 países (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Alemanha, Islândia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Noruega, Portugal, Espanha, Suíça e Estados Unidos), seguindo o controle de qualidade ISO e testando protocolos científicos. Austrália e Nova Zelândia combinaram escrever uma nova norma essencialmente idêntica ao padrão europeu (MCGINLEY, 1998).

A votação para a liberação do padrão EN 13725 iniciou em 2001 e terminou em 2002 e o teste padrão EN 13725 foi aceito.

### *3.8.2 Legislação brasileira*

A Legislação Federal Brasileira, mediante a Resolução CONAMA 03/90, estabelece padrões de qualidade do ar para os poluentes convencionais, tais como: partículas totais em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, todavia, não estabelece padrões de emissão ou limites de emissão de compostos odoríferos pelas fontes de emissões ou metodologias para a análise de odores. Entretanto, a Política Nacional do Meio Ambiente considera como poluição todas as atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem o bem estar da população. Desta forma, quando se necessita de padrões para mensurar o odor, deve-se buscar um entendimento entre as partes interessadas ou valer-se de legislações praticadas fora do Brasil (BICHARA, 1999 apud CARMO Jr., 2005).

Em Santa Catarina, o Decreto 14.250 (FATMA, 1981) que regulamentava dispositivos da Lei nº 5.793 de 16 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental, foi revogado pela Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, instituindo o Código Estadual do Meio Ambiente, atualmente em vigor. Na referida lei revogada, Subseção III, da Seção III, Capítulo II, que trata dos padrões de emissão, encontrava-se o Artigo 31, que estabelecia: “é proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora”. Além disso, a norma determinava que a constatação das emissões deve ser feita por agentes



credenciados e baseada em uma lista de substâncias de referência, através de sua comparação no ar com o Limite de Percepção de Olfativa (LPO).

O novo código ambiental, na Subseção II, regulamenta a emissão de fumaça por parte de fontes estacionárias de acordo com a densidade colorimétrica e as emissões de gases e ruídos de veículos em uso, mas não estabelece limites para emissão de odores. Neste código, na mesma subseção, que trata dos padrões de emissão, encontra-se o Artigo 181 que atribui ao CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente) o poder de regulamentar os padrões de emissões atmosféricas por fontes estacionárias, bem como os métodos de análise e emissão. No Artigo 182, por sua vez, estabelece que “os casos para os quais não foram estabelecidos padrões de emissão, devem ser adotados sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível e aplicável”, e em Parágrafo único, da mesma subseção, determina “A adoção da tecnologia prevista neste artigo (182) depende de aprovação prévia do órgão ambiental licenciador”.

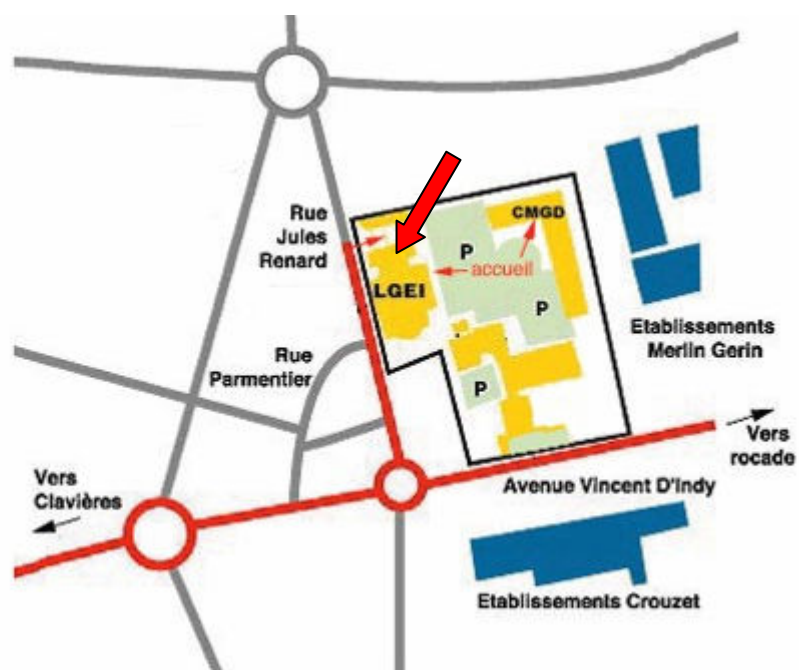
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local de estudo

O trabalho foi realizado à Alès, França, no *Laboratoire de Génie de l'Environnement Industriel et risques industriels et naturels* (LGEI) da *École des Mines d'Alès* (Figuras 9 e 10).



**Figura 8.**Cidade de Alès, França.  
(Fonte: [www.mines-ales.fr](http://www.mines-ales.fr))



**Figura 9.** LGEI, localizado no Centro de Pesquisa da École des Mines d'Alès (EMA).  
(Fonte: [www.mines-ales.fr](http://www.mines-ales.fr))

## 4.2 Molécula-modelo: Butirato de metila

A molécula de estudo foi o butirato de metila ( $C_5H_{10}O_2$ ) obtido comercialmente. O butirato de metila é um éster com um perfume de fruta parecido ao perfume de maçãs e bananas. Em temperatura ambiente é um líquido incolor e utilizado na fabricação de perfumes e produtos alimentares.

As propriedades físico-químicas das moléculas modelos são importantes para a obtenção de bons resultados de um estudo. A escolha desta substância foi feita levando-se em conta a volatilidade, o caráter odorante e a constante de Henry da substância.

**Volatilidade:** A volatilidade do composto, caracterizado pela pressão de vapor de saturação, é um fator de grande importância na realização das experiências. A utilização de um produto altamente volátil não permite controlar satisfatoriamente a concentração em água em virtude das perdas por evaporação. Em contrapartida, o composto escolhido deve ser suficientemente volátil para que as concentrações sejam detectáveis pelos aparelhos analíticos.

**Caráter odorante:** O composto escolhido deve ser suficientemente odorante para que as concentrações de poluentes na fase gasosa sejam superiores as concentrações no limite de percepção, ou seja, para que o odor seja perceptível. A concentração no limite de percepção coloca em evidência o caráter odorante do composto.

**Valor da constante de Henry:** A constante de Henry é um indicador da resistência à transferência. Esta constante descreve a solubilidade do gás na água. Habitualmente, a constante de Henry é definida pela equação:

$$k_H = c_a / p_g$$

Onde,  $c_a$ : Concentração do composto na fase líquida.

$p_g$ : Pressão parcial do composto na fase gasosa.

As principais características da molécula modelo escolhida são apresentadas na Tabela 3:

**Tabela 3. Principais características da molécula modelo: butirato de metila.**

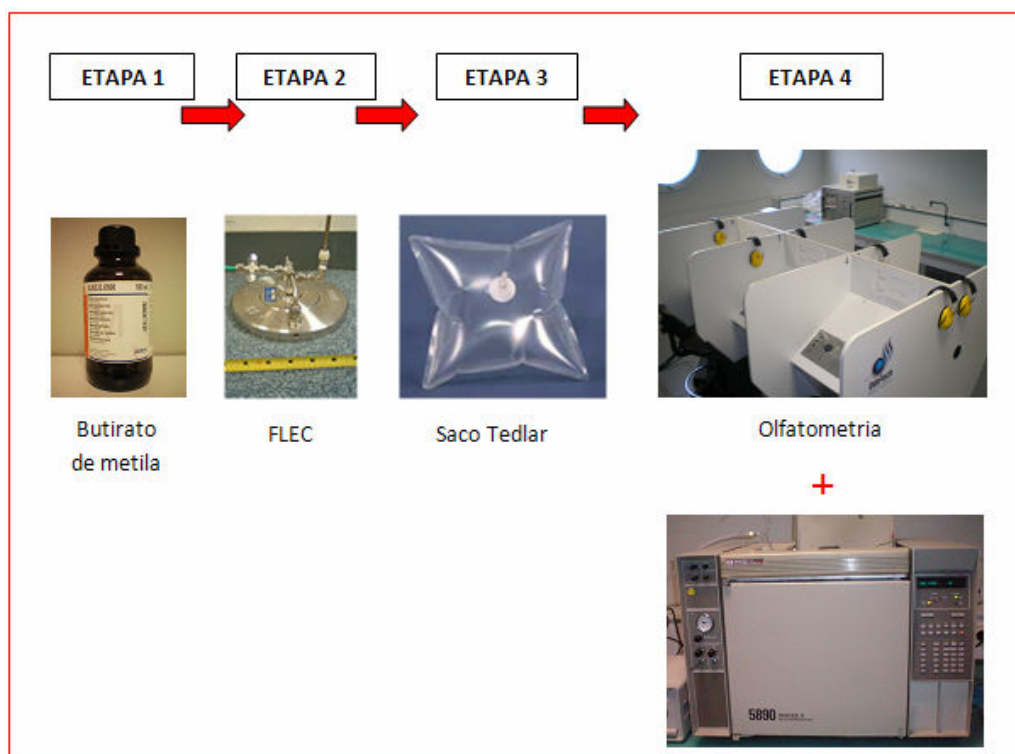
Pressão de vapor saturante (mmHg) a 29°C	Constante de Henry (mol/L/atm) a 20°C	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)	Concentração no limite de percepção (mg.m <sup>-3</sup> )	Massa molar (g/mol)	Densidade
40	4,8	-95	102	2.10 <sup>-2</sup>	102,13	0,898

(Fonte: Richard, 2008)

### 4.3 Etapas

A metodologia a ser aplicada foi composta de quatro etapas (Figura 13):

- *Etapa 1:* Preparação da solução de estudo,
- *Etapa 2:* O condicionamento do material,
- *Etapa 3:* A amostragem das emissões,
- *Etapa 4:* A análise dos odores.



**Figura 10. Principais materiais utilizados no trabalho.**

#### 4.3.1 *Etapa 1: Preparação da solução de estudo*

Preparou-se a solução de 3,6g de butirato de metila por 2l de água destilada, com a ajuda de uma balança, um balão de 2l, uma pipeta e um pipetador (Figura 14). O recipiente destinado a solução foi assim enchido ao máximo para minimizar os efeitos de perturbação de superfície livre.



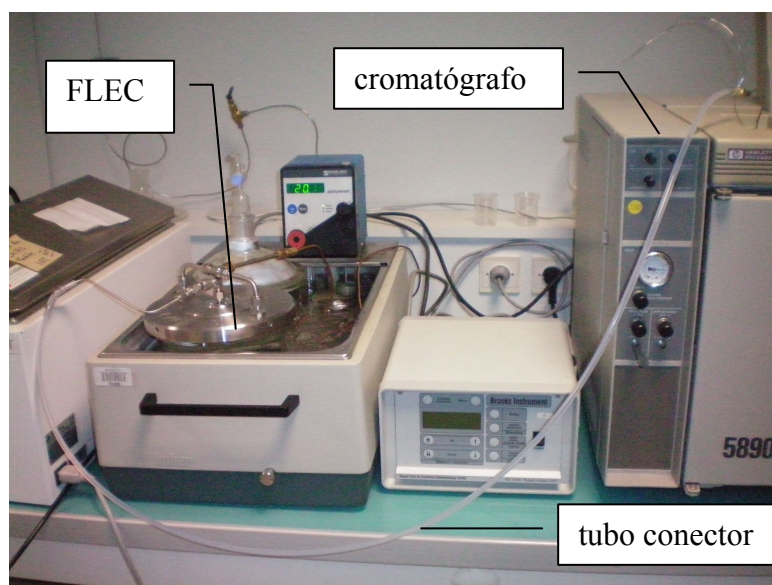
**Figura 11. Aparelhos utilizados no preparo da solução.**

#### *4.3.2 Etapa 2 : Condicionamento do material*

A avaliação das emissões a partir de superfícies líquidas passivas pode ser alcançada pelo condicionamento em câmaras de emissão, como a célula de emissão FLEC utilizada neste experimento.

#### *4.3.3 Etapa 3: Amostragem dos gases*

Para a análise físico-química, a coleta de gases odoríferos foi feita conectando a válvula a gás do dispositivo analítico (cromatógrafo gasoso) diretamente nos acessórios de saída da FLEC através de um tubo de teflon (Figura 15). Para a análise olfatométrica, a amostra é recolhida em um saco plástico Tedlar.



**Figura 12. Conexão entre a FLEC e o cromatógrafo.**

#### 4.3.4 Etapa 4: Análises

As amostras coletadas do efluente gasoso foram analisadas de acordo com suas propriedades físico-químicas através do cromatógrafo gasoso e, de acordo com o potencial odorífero, através da análise com o olfatômetro.

- **Procedimento de análise com o cromatógrafo gasoso**

Um cromatógrafo a gás Hewlett Packard 5890 Série II (Figura 16), equipado com detector de ionização de chama (FID) foi utilizado para a quantificação.



Figura 13. Cromatógrafo gasoso.

- **Procedimento de análise com o olfatômetro**

Um olfatômetro ODILE foi utilizado neste procedimento.

O software comanda todas as ações durante a análise. Primeiramente, a amostra odorante contida nos sacos Tedlar® é acoplada em um duto dentro do vaso de pressurização (Figura 17), o qual liga a válvula de saída do saco com a unidade de diluição. Feito isto, o vaso de pressurização é fechado e o operador do olfatômetro inicia a análise dando um comando no software, então o vaso é pressurizado e é atribuída uma diluição inicial para a amostra. A pressão exercida sobre o saco, contido no vaso, faz com que o odor seja liberado para a unidade de diluição onde estão dispostos os contadores mássicos de vazão (SOUZA *et al.*, 2007).

A unidade de diluição é alimentada pelo sistema de ar comprimido isento de qualquer odor. Após ser diluída, a amostra odorante é enviada para a mesa olfatométrica, onde estão dispostos os jurados. As diluições são realizadas de maneira decrescente e logarítmica (SOUZA *et al.*, 2007). A mesa olfatométrica apresenta seis cabines, onde cada jurado em sua respectiva cabine avalia o odor por intermédio de um painel com três tubos para inalação (Figura 18).





**Figura 14. Amostra odorante contida no saco Tedlar® sendo inserida no vaso de pressurização.**



**Figura 15. Painel com três tubos para inalação por onde a amostra é enviada a cada jurado.**

O jurado tem 15 segundos para cheirar o gás proveniente dos três tubos e indicar em qual há o odor proveniente da amostra diluída, uma vez que em dois tubos será fornecido ar puro inodor. Ao escolher o tubo o jurado deve pressionar duas vezes o botão referente, e no caso de não sentir algum odor, pressionar uma vez o botão “sem odor”.

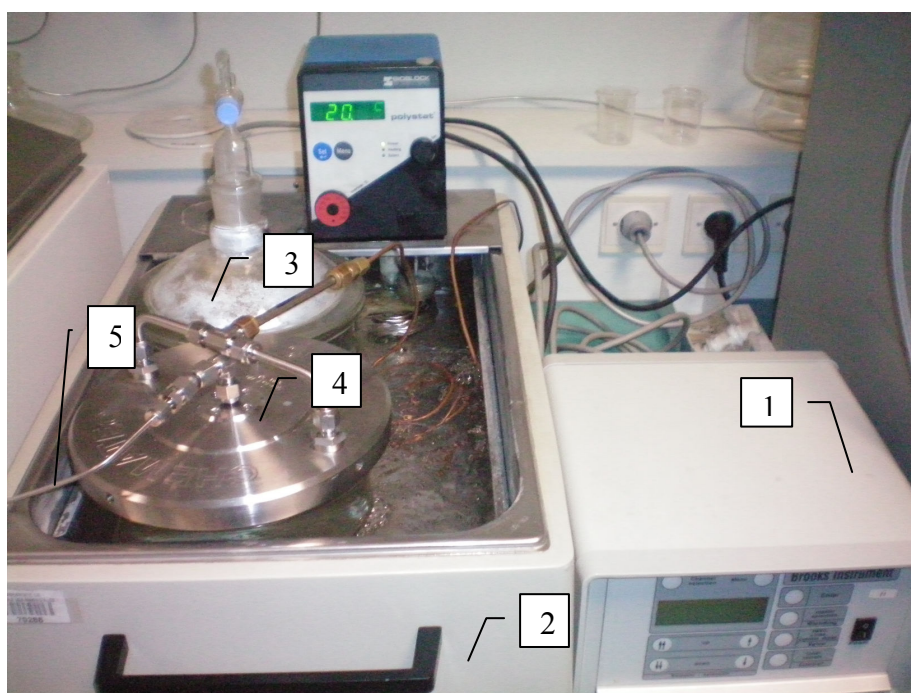
As respostas dos jurados são instantaneamente enviadas para o software que determina a concentração do odor em unidades de odor por metro cúbico ( $\text{UO}/\text{m}^3$ ). O objetivo do olfatômetro é a diluição da amostra odorante para a determinação do limite de percepção olfativo (LPO), o qual corresponde ao número de diluições necessárias para que exista a probabilidade de 50% dos jurados sentirem o odor. No LPO da amostra a concentração do odor é definida por convenção como  $1 \text{ UO}/\text{m}^3$ , assim a concentração original do odor será dada pela multiplicação da concentração do odor no LPO ( $1\text{UO}/\text{m}^3$ ) pelo número de diluições necessárias para se alcançar o LPO (SOUZA *et al.*, 2007).

A análise de cada amostra contida no saco Tedlar® dura aproximadamente 15 minutos, sendo que entre que entre uma amostra e outra os jurados têm 15 minutos de pausa para que as mucosas olfativas não fiquem saturadas. Nesse período não é aconselhado aos jurados beber, comer ou fumar para não perturbar o resultado da análise.

#### **4.4 Dispositivo experimental**

O dispositivo experimental usado é composto de três partes (Figura 11):

1. Um sistema de regulação da vazão de ar necessário: o ar comprimido é fornecido por um compressor de ar Compair Série L18. A regulação da vazão é assegurada por um medidor de vazão regulador BROOKS 5850 TR series (0 – 20 l/min) (item 1) acoplado a um sistema eletrônico secundário BROOKS (modelo 0152/0154) (Figura 12).
2. O dispositivo de estudo propriamente dito (zona termostática): um banho termostático (HUBER BIOBLOCK SCIENTIFIC) (item 2) regula a temperatura da solução de butirato de metila (item 3) encontrada dentro de um recipiente (volume 2l) recoberta hermeticamente por uma célula de emissão Chematec Serial No C23 07 (FLEC®) de 25cm de diâmetro. Um segundo recipiente contendo água (item 4), permite de verificar por analogia a estabilidade da temperatura da solução utilizando-se de um termopar Testo 925 (tipo k).
3. Uma parte analítica onde foi utilizado o cromatógrafo gasoso e o olfatômetro.



**Figura 16. Dispositivo experimental: (1) Medidor de vazão regulador, (2) banho termostático, (3) recipiente com butirato de metila recoberto por uma FLEC, (4) recipiente com água, (5) saída de gás para análise.**



**Figura 17. Sistema eletrônico secundário acoplado ao medidor de vazão regulador.**

O ar comprimido é encaminhado por um tubo até a célula de emissão FLEC que recobre e isola o recipiente com dois litros de solução de butirato de metila. A FLEC então distribui uniformemente o ar pela superfície da solução. O ar em contato com a solução



promove a transferência de massa por convecção da solução líquida para o ar e o efluente gasoso ao sair da FLEC é encaminhado para análise.

#### 4.5 Parâmetros de análise

O presente trabalho dá seqüência a um estudo realizado por Richard (2008), com título “Estudo da emissão de odor por fontes superficiais passivas”, cujas seguintes conclusões foram alcançadas:

- A concentração em butirato de metila emitido fica estável durante 14 horas de ensaio, a hipótese de esgotamento do produto foi portanto rejeitada;
- Entre 0,1 e 0,5 l/min, o aumento da vazão do ar de arraste resulta em variações de concentrações negligenciáveis;
- A concentração em butirato de metila emitido aumenta significativamente com a temperatura, onde este aumento possui uma velocidade exponencial;
- A relação entre a concentração de butirato de metila emitido e concentração de odor mostrou-se difícil de medir à concentração baixa de solução de butirato de metila.

A partir destas conclusões foi possível orientar as escolhas no estabelecimento dos parâmetros de análise. A concentração da solução de butirato de metila durante as manipulações foi de 1,8 g/l e a temperatura do ar igual a 20°C. Já a concentração em butirato de metila emitido e a concentração de odor foram medidos em função da:

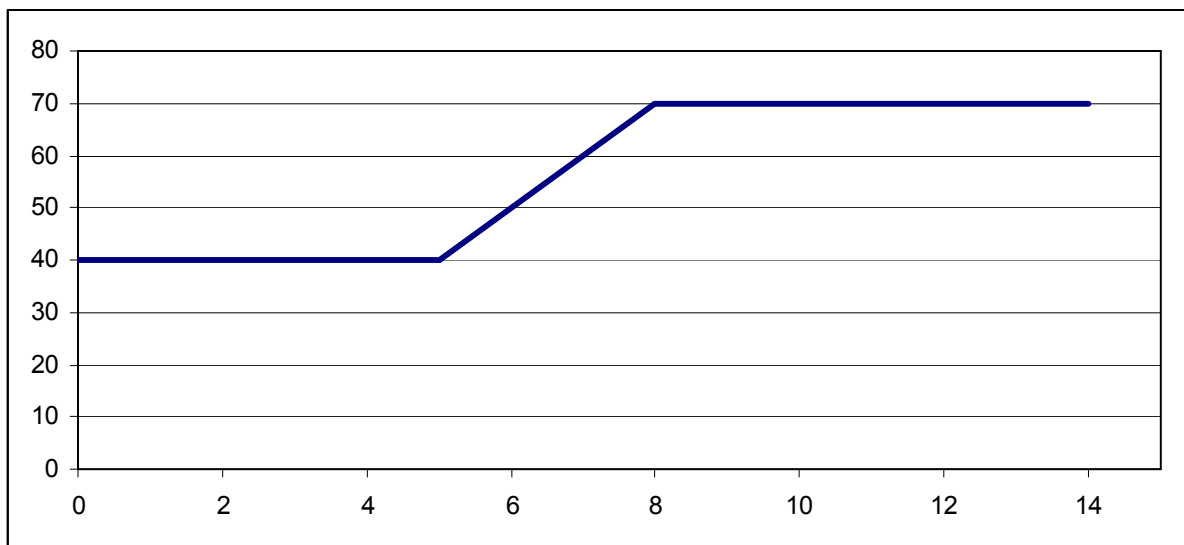
1. Temperatura do líquido: variável entre 20 e 25°C;
2. Vazão do gás de arraste: variável entre 0,5 e 2,0 L/min.

A Tabela 4 apresenta as condições de operação do cromatógrafo utilizado.

**Tabela 4. Parâmetros de análise para o cromatógrafo Hewlett Packard 5890 série II.**

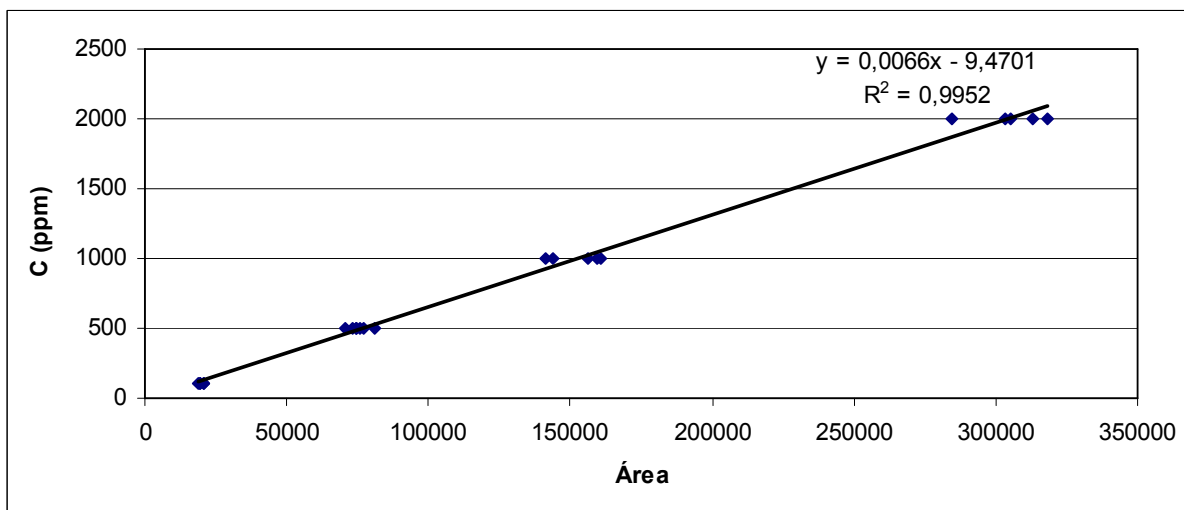
Forno	Temperatura	40°C, modo gradiente de temperatura (Gráfico 1).
Coluna	Espessura do filme	0,25µm
	Comprimento	30m
	Diâmetro	ID = 0,25mm OD=0,53mm
Gás Vetor	Hélio	
	Vazão	11,5ml/min
Injetor	Temperatura	150°C
Detector	Temperatura	220°C
	FID	

O forno do cromatógrafo utilizado apresenta a seguinte rampa de aquecimento (Gráfico 1).



**Gráfico 1. Rampa de aquecimento para o forno do cromatógrafo utilizado.**

O Gráfico 2 apresenta a curva de calibração obtida para o composto de estudo, butirato de metila, onde a concentração C do composto em ppm está em função da área A do pico apresentado pelo cromatógrafo.



**Gráfico 2. Curva de calibração para o composto butirato de metila.**

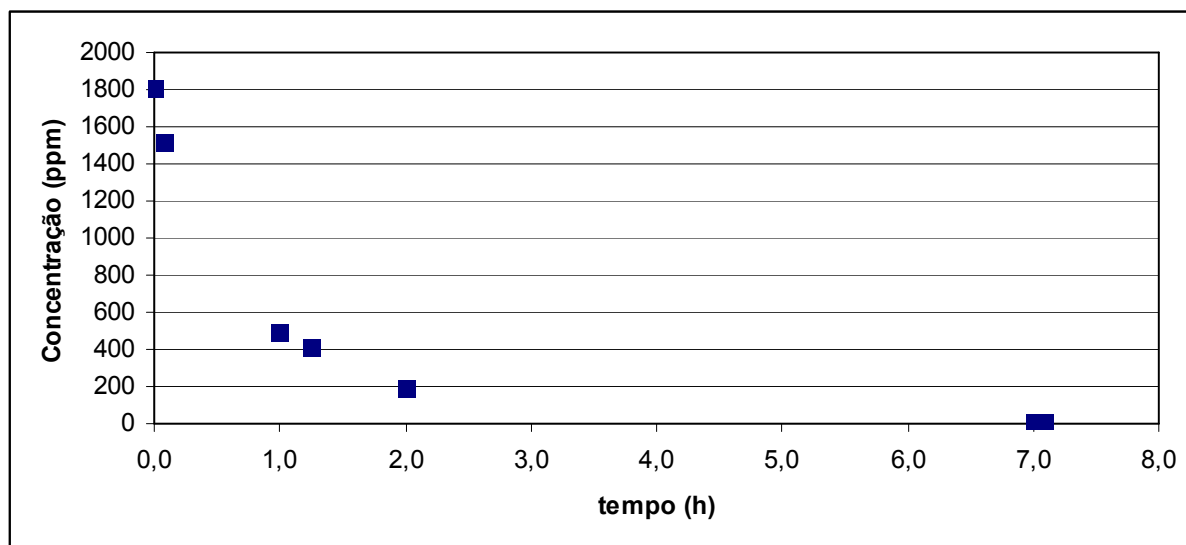
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira série de manipulações foi feita através da célula de emissão FLEC e com posterior análise com o cromatógrafo gasoso, a fim de avaliar a estabilidade da concentração de butirato de metila emitido em função do tempo. Como resultado destas manipulações, apresenta-se a Tabela 5. A temperatura do líquido foi mantida em 20°C e a vazão do gás de arraste em 0,5 l/min, o tempo apresentado tem como ponto inicial (tempo = 0h), o momento em que a temperatura da solução foi estabilizada.

**Tabela 5. Concentração de butirato de metila emitido em função do tempo (temperatura do líquido é igual 20°C e a vazão do gás de arraste é 0,5 l/min).**

C (ppm)	tempo (h)
1806,75	0,00
1511,39	0,08
495,94	1,00
410,77	1,25
189,74	2,00
10,83	7,00
9,84	7,08

Os dados obtidos acima e apresentados em gráfico a seguir (Gráfico 3) demonstram que a concentração do composto estudado decai exponencialmente ao longo do tempo.



**Gráfico 3. Concentração de butirato de metila emitido em função do tempo (temperatura do líquido é igual 20°C e a vazão do gás de arraste é 0,5l/min).**

Tendo em vista variabilidade da concentração emitida em função do tempo, os dados seguintes foram obtidos após 8 horas do preparo da solução e 7 horas após o início do equilíbrio da temperatura do líquido.

As tabelas a seguir apresentam os resultados dos experimentos onde a concentração do composto emitido está em função da temperatura do líquido e da vazão do ar de arraste, o fator de emissão do composto foi calculado segundo equação já apresentada (cálculo da emissão de odor para câmaras de fluxo dinâmicas). Para os elementos da Tabela 6 a temperatura do líquido é mantida em 20 °C e para a Tabela 7 a mesma temperatura é mantida em 25 °C.

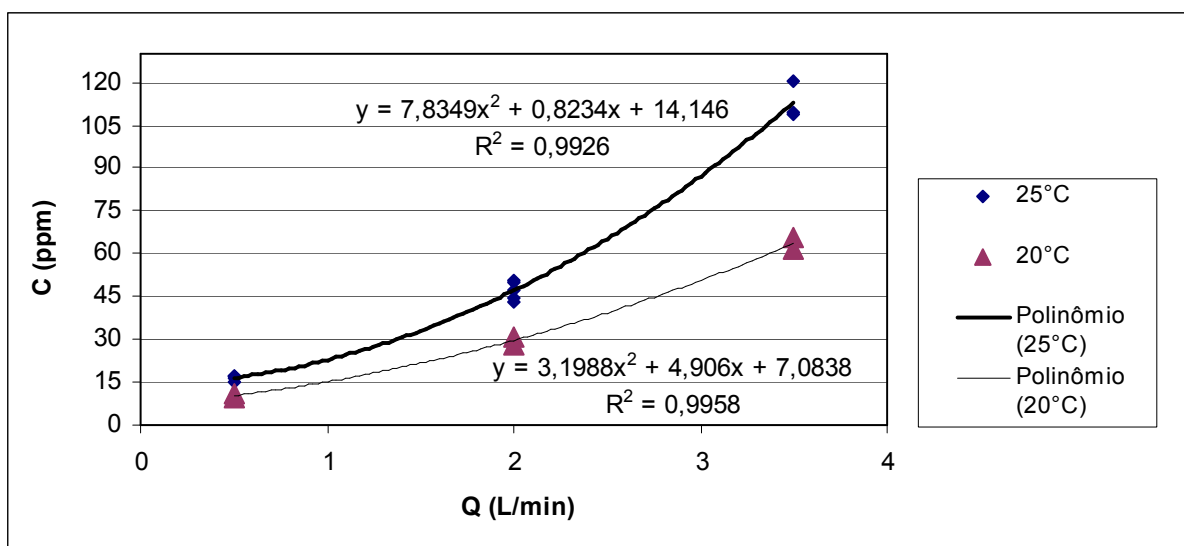
**Tabela 6. Concentração de butirato de metila emitido e fator de emissão do composto ( $F_i$ ), em função da vazão do gás de arraste para temperatura do líquido igual a 20° C. Fator de correção da temperatura igual a 0,5220.**

Q (l/min)	C (ppm)	C média (ppm)	$F_i$ (mg.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	$F_i$ média (mg.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )
0,5	10,83	10,34	27,60	26,34
0,5	9,84		25,07	
2,00	31,03	29,69	316,20	302,58
2,00	28,35		288,96	
3,5	65,47	63,44	1167,55	1131,42
3,5	61,41		1095,28	

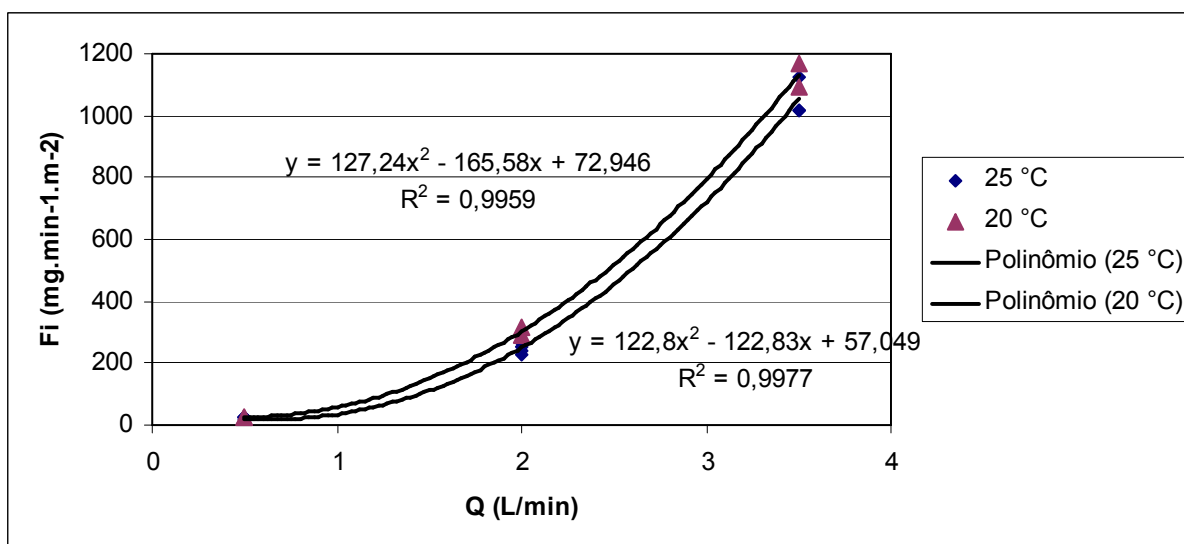
**Tabela 7. Concentração de butirato de metila emitido (C) e fator de emissão do composto ( $F_i$ ), em função da vazão do gás de arraste (Q) para temperatura do líquido igual a 25° C. Fator de correção da temperatura igual a 1.**

Q (l/min)	C (ppm)	C média (ppm)	$F_i$ (mg.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	$F_i$ média (mg.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )
0,5	16,77	16,52	22,31	21,97
0,5	17,19		22,86	
0,5	17,13		22,78	
0,5	16,73		22,25	
0,5	14,77		19,65	
2,0	44,73	47,13	237,97	250,76
2,0	43,03		228,91	
2,0	49,78		264,83	
2,0	50,63		269,36	
2,0	47,50		252,72	
3,5	120,54	113,01	1122,30	1052,13
3,5	109,48		1019,25	
3,5	109,00		1014,83	

Os dados obtidos acima e apresentados em gráficos a seguir (Gráfico 4 e 5) demonstram que a concentração do composto estudado aumenta segundo uma função polinomial de segunda ordem com o aumento da vazão do ar de arraste para uma mesma temperatura do líquido. Para uma mesma vazão de ar de arraste o aumento da temperatura leva ao aumento da concentração do composto emitido. Ambos os fatos citados são também observados para o fator de emissão do composto.



**Gráfico 4. Concentração de butirato de metila emitido em função da vazão do gás de arraste.**



**Gráfico 5. Fator de emissão do composto em função da vazão do gás de arraste.**

A tabela a seguir (Tabela 8) apresenta os resultados dos experimentos onde a concentração de odor do composto emitido está em função da vazão do gás de arraste e da temperatura do líquido. Devido à disponibilidade de membros para o júri e equipe técnica foram feitas três análises com quatro voluntários para o júri em cada análise. Para estas análises foi utilizado o olfatômetro ODILE

**Tabela 8. Concentração de odor do composto emitido em função da vazão do gás de arraste e da temperatura do líquido.**

C odor (UO. m <sup>-3</sup> )	Q (l/min)	T (°C)
55.828	0,5	20
20.966	2,0	20
18.742	2,0	25

Os dados mostram a necessidade de realização de mais análises para os mesmos parâmetros. Para uma mesma temperatura o aumento da vazão do gás de arraste apresentou a diminuição a mais da metade da concentração de odor, sendo que se esperava o contrário. Para uma mesma vazão, a mudança de temperatura não mostrou significativa influência na concentração de odor, onde era esperado um aumento desta concentração com o aumento da temperatura.

O fato mencionado acima pode ser explicado através da análise de cada membro do júri individualmente (Tabelas 9, 10 e 11). Pode-se observar a grande variabilidade entre as respostas para uma mesma análise e mesmo para as respostas às três análises de um mesmo jurado. Devido a esta variabilidade, um maior número de jurados é necessário para diminuir o erro calculado a média aritmética.

**Tabela 9. Concentração de odor para vazão igual 0,5 l/min e temperatura de 20°C .**

<b>Jurado</b>	<b>C odor (UO.m<sup>-3</sup>)</b>
A	50.077
B	50.077
C	76.372
D	50.722
<b>Média</b>	<b>55.828</b>

**Tabela 10. Concentração de odor para vazão igual 2 l/min e temperatura de 25°C .**

<b>Jurado</b>	<b>C odor (UO.m<sup>-3</sup>)</b>
A	9.685
B	21.079
D	9.839
E	61.143
<b>Média</b>	<b>18.742</b>

**Tabela 11. Concentração de odor para vazão igual 2 l/min e temperatura de 20°C .**

<b>Jurado</b>	<b>C odor (UO.m<sup>-3</sup>)</b>
C	48.396
D	26.193
F	17.153
G	8.886
<b>Média</b>	<b>20.966</b>

Ressalta-se que a complexidade de medir-se a concentração de odor está diretamente relacionada à utilização de um método psico-sensorial como a olfatometria, onde a precisão e reprodutibilidade dos resultados necessitam de monitoramento atencioso.

Vale à pena destacar também, que todos os resultados obtidos foram alcançados utilizando uma molécula-modelo que não pode ser considerada como representativa da realidade por si mesma devido à complexidade de um efluente odorante.

## 6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nas análises e das pesquisas realizadas, chegaram-se as seguintes conclusões:

- ✓ A concentração de butirato de metila e o fator de emissão deste composto são diretamente proporcionais à vazão do gás de arraste. Esta proporcionalidade, no entanto, está diretamente ligada ao momento em que as análises foram feitas, ou seja, em função do tempo.
- ✓ O aumento da temperatura do líquido acarreta no aumento da concentração de butirato de metila e do fator de emissão deste composto.
- ✓ Estudos com maior quantidade de análises são necessários para maior confiança dos resultados obtidos.
- ✓ A FLEC é um equipamento que tem aplicabilidade no estudo da emissão de odores por fontes superficiais passivas como forma de observar e calcular o efeito da mudança dos parâmetros como vazão do ar de arraste e temperatura da solução sobre a emissão.

## 7 RECOMENDAÇÕES

A partir dos dados obtidos nas análises e das pesquisas realizadas, é possível fazer as seguintes recomendações:

- ✓ Os dados obtidos neste trabalho devem servir como incentivo para novas pesquisas relacionadas à emissão de compostos odorantes a partir de superfícies passivas, aprofundando-se com mais análises através da FLEC e também com outras câmaras de fluxo a fim comparativo entre as técnicas.
- ✓ Para futuros trabalhos sobre o mesmo sujeito, é recomendada a realização de mais análises para cada parâmetro apresentado.
- ✓ Mostrando-se necessário, é recomendada também uma purga para limpeza com ar puro entre duas análises no cromatógrafo gasoso, uma vez que foi observada a presença do composto ao se realizar um branco entre duas análises.
- ✓ É recomendado ainda que ao mudar a vazão do ar de arraste, espere-se pelo menos 30 minutos para realizar a próxima análise para que a emissão de odor estabilize-se segundo a nova vazão
- ✓ A realização de pesquisas sobre a emissão de compostos odorantes por superfícies passivas é fundamental devido à complexidade de medir este valor assim como a concentração de odor.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEME, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. **Air: Pollutions olfactives**. 2009. Disponível em: <[www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15995](http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15995)>. Acesso em: 29 set. 2009.

ADEME, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. **Pollution Olfactives**. Paris: Dunod, 2005.

AREELIS, Technologies (Org.). **Propagation d'Odeurs**. Saint Etienne, 15 out. 2004. Disponível em: <[eric.rouland.free.fr/Odeur.pdf](http://eric.rouland.free.fr/Odeur.pdf)>. Acesso em: 22 set. 09.

BONY-DANDRIEUX, Aurélia. **Dispersion atmosphérique d'un nuage de gaz toxique**. Cours de Dispersion Atmosphérique - École des Mines d'Alès, Alès, 2009.

CARMO Jr., Gersina Nobre da Rocha. **Otimização e Avaliação de Metodologias Olfatométricas Voltadas ao Saneamento Ambiental**. 179 f. Tese (Doutorado) - Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CLIMEPSI (Ed.). **Glossário Médico**. 2009. Disponível em: <[medicosdeportugal.saude.sapo.pt/action/10/glo\\_id/11058/menu/2/](http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/action/10/glo_id/11058/menu/2/)>. Acesso em: 30 out. 2009.

DEGANI, Ana Luiza G.; CASS, Quezia B.; VIEIRA, Paulo C.. Cromatografia: um breve ensaio. **Revista Química Nova**, n. 7, p.21-25, 01 maio 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/atual.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2009.

DE MELO LISBOA, Henrique. **Contribution a la Mise en Oeuvre et a la Validation de Modèles de Dispersion Atmosphérique Applicables aux Composes Odorants**. 197 f. Tese (Doutorado) - École Nationale Supérieure des Techniques Industrielles et des Mines d'Alès, Alès, 1996.

FRENCHEN, F.B. FREY, M. WETT, M. LÖSER, C. (2003) **Aerodynamic performance of a low speed wind tunnel**. 2nd IWA International Conference on Odour & VOCs – Measurement, Regulation and Control Techniques. Singapura.

FERREIRA, Ary Guilherme; ACAR, Alvaro. Olfato. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 41, n. 1664, p.171-179, mai-ago. 1975. Disponível em: <[www.rborl.org.br/conteudo/acervo/print\\_acervo.asp?id=1664](http://www.rborl.org.br/conteudo/acervo/print_acervo.asp?id=1664)>. Acesso em: 30 out. 2009.

HENNEUSE-BOXUS, C. **Sampling and analysis of volatile organic compounds (VOC) emitted by materials**. CERTECH. 2009. Disponível em: <[www.certech.be/index.php?ContentID=34](http://www.certech.be/index.php?ContentID=34)>. Acesso em: 24 set. 2009.

IAP, Indoor Air Pollution Working Group. **The pleasures and pains of emission chambers: The construction of an emission test chamber at the national museum of denmark**. National Museum of Denmark, Lyngby, 1999. Disponível em: <[iaq.dk/iap/iap1999/1999\\_10.htm](http://iaq.dk/iap/iap1999/1999_10.htm)>. Acesso em: 07 mar. 2010.

LEYRIS, Carole. **Étude de l'émission d'odeurs par des sources surfaciques**. 167f. Tese (Doutorado) - Université de Provence, Marseille, 2000.

MARKES, Markes International Limited. **Sampling Accessories: FLEC Emission Cell VOC emissions from materials**. Llantrisant, 2010. Disponível em: <[www.markes.com/Sampling-Accessories/FLEC-Emission-Cell.aspx](http://www.markes.com/Sampling-Accessories/FLEC-Emission-Cell.aspx)>. Acesso em: 07 mar. 2010.

MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul. **Odeurs et Désodorisation dans l'Environnement**. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 1991. 447 p.

MORAIS FILHO, Zenildo Buarque de; CASTRICINI, Silvana Daflón. **Introdução à cromatografia**. Rio de Janeiro: Unigranrio, 2009.

NISHIDA, Silvia M.. Sentidos Químicos: Olfacção e Gustação. **Apostila do Curso de Fisiologia**, Unesp-Botucatu, p.101-106, 2007. Disponível em: <[www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material\\_didatico/Neurobiologia\\_medica/Apostila/09\\_sentido\\_gustativo\\_olfativo.pdf](http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica/Apostila/09_sentido_gustativo_olfativo.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2009.

NSSC, Neurosciences Sensorielles Comportement Cognition (Ed.). **Les système olfactif**. 2001. Disponível em: <[olfac.univ-lyon1.fr/sysolf/olf-humaine/olfactometrie/mol-olfactometrie-frame.htm](http://olfac.univ-lyon1.fr/sysolf/olf-humaine/olfactometrie/mol-olfactometrie-frame.htm)>. Acesso em: 10 fev. 2010.

ODOTECH. **Odile**. Disponível em: <[www.odotech.com/fr/produits/odile/](http://www.odotech.com/fr/produits/odile/)>. Acesso em: 12 nov. 2009.

OLFAC (Org.). **Odorat: Le fonctionnement**. 2004. Disponível em: <[kysicurl.free.fr/olfac/fctnmtodorat.php](http://kysicurl.free.fr/olfac/fctnmtodorat.php)>. Acesso em: 29 set. 2009.

ORSPACA, Observatoire Régional de La Santé de Provence Alpes Côte D'azur (Org.). Le bruit, les odeurs, la qualité de vie. **Tableau de Bord Régional Santé-Environnement**, Marseille, p.1-9, 2005. Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur. Disponível em: <[www.se4s-orspaca.org/depot/pdf/05-R1\\_14.pdf](http://www.se4s-orspaca.org/depot/pdf/05-R1_14.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2009.

POPESCU, Maria; BLANCHARD, Jean-marie; CARRÉ, Jean. **Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels**: Emissions, fumées, odeurs et poussières. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 1998. 827 p.

POULIOT, Francis. La Production Porcine en Région, C'est Important de s'en Parler. In: COLLOQUE D'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE, Québec. **Le Contrôle des Odeurs À La**

**Ferme: Bâtiments et Structures d'Entreposage**. Québec, 2009. Disponível em: <[www.agrireseau.qc.ca/porc/Documents/ConceptionB%C3%A2tOct2001.PDF](http://www.agrireseau.qc.ca/porc/Documents/ConceptionB%C3%A2tOct2001.PDF)>. Acesso em: 10 jun. 2009.

RICHARD, Céline. **Étude de l'émission d'odeur pas des sources surfaciques passives**. Alès: École de Mines d'Alès, 2008.

SÁ, Leandro Melo de. **Avaliação de Metodologias Para a Quantificação da Emissão de Sulfeto de Hidrogênio Proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos**. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

SCHIRMER, Waldir Nagel. **Amostragem, Análise e Proposta de Tratamento de Compostos Orgânicos Voláteis e Odorantes na Estação de Tratamento de Efluentes de uma Refinaria de Petróleo.** 139 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SOUZA, Marcos Lopes; MIRANDA, Gilson; BELLI FILHO, Paulo; DE MELO LISBOA, Henrique; SCHIRMER, Waldir Nagel. **Concentração odorante da emissão proveniente da combustão, em motor monocilíndrico, de misturas de diesel e biodiesel de óleo de fritura.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Disponível em: <[www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/VI-111.pdf](http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/VI-111.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2009.

TRISKA, Leila Nery Souza. **Prazer e Bem Estar no Ambiente de Trabalho:** A Importância do Olfato na Ergonomia. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Measurement of Gaseous emission rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber: User's Guide.** EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, Nevada . NTIS No. PB-86-223161. February, 1986. 60p.

VILELA, Ana Luisa Miranda. **O olfato.** 2009. Resumos estruturados de biologia. Disponível em: <[www.afh.bio.br/sentidos/Sentidos7.asp](http://www.afh.bio.br/sentidos/Sentidos7.asp)>. Acesso em: 30 set. 2009.